



Nationaal Onderzoeks-
en Ontwikkelingsprogramma
op het gebied van de

**ECONOMIE
VAN DE AFVALSTOFFEN
EN VAN DE SECUNDAIRE
GRONDSTOFFEN**

Programme National
de Recherche et de Développement
dans le domaine de l'

**ECONOMIE DES DECHETS
ET DES
MATIERES PREMIERES
SECONDAIRES**

WETENSCHAPPELIJK EINDRAPPORT

15

RAPPORT FINAL SCIENTIFIQUE

**DE AQUAKULTUUR MET BENUTTIGING
VAN BIO-INDUSTRIELE AFVALSTOFFEN EN
THERMISCHE EFFLUENTEN**

**L'AQUACULTURE UTILISANT DES DECHETS
BIO-INDUSTRIELS ET
DES EFFLUENTS THERMIQUES**

DIENSTEN VAN DE EERSTE MINISTER
PROGRAMMATIE VAN HET WETENSCHAPSBELEID

Wetenschapsstraat 8
1040 BRUSSEL

SERVICES DU PREMIER MINISTRE
PROGRAMMATION DE LA POLITIQUE SCIENTIFIQUE

Rue de la Science 8
1040 BRUXELLES

Nationaal Onderzoeks-
en Ontwikkelingsprogramma
op het gebied van de

**ECONOMIE
VAN DE AFVALSTOFFEN
EN VAN DE SECUNDAIRE
GRONDSTOFFEN**

Programme National
de Recherche et de Développement
dans le domaine de l'

**ECONOMIE DES DECHETS
ET DES
MATIERES PREMIERES
SECONDAIRES**

WETENSCHAPPELIJK EINDRAPPORT

RAPPORT FINAL SCIENTIFIQUE

63112

**AQUAKULTUUR IN THERMISCHE EFFLUEN-
TEN EN MET RECYCLAGE VAN
BIO-INDUSTRIELE AFVALSTOFFEN**

**L'AQUACULTURE DANS DES EFFLUENTS
THERMIQUES ET SUR DECHETS
BIO-INDUSTRIELS**

RIJKSUNIVERSITEIT GENT
Laboratorium voor Biologisch Onderzoek van Waterverontreiniging
en Marikultuur

INSTITUUT VOOR ZEEWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK
Bredene

Prof. G. PERSOONE
E. JASPERS

Onderzoeksleders

Chefs de l'unité de recherche

N. DEPAUW
P. SORGELOOS
C. CLAUS

Wetenschappelijke verantwoordelijken

Responsables scientifiques

L. DE LEENHEER
E. BOSSUYT

Wetenschappelijke medewerkers

Chercheurs

**BIJLAGE - ANNEXE :
MINISTERIE VAN LANDBOUW
Proefstation van Waters en bossen, Groenendaal**

63113

J. A. TIMMERMANS

Verantwoordelijke van de onderzoekseenheid

Responsable de l'unité de recherche

1979

De wetenschappelijke verantwoordelijkheid
voor de inhoud van dit document berust
bij de auteurs.

La responsabilité scientifique du contenu
du présent document est assumée par les
auteurs.

Bij elke verwijzing naar dit rapport moet
de bron vermeld worden.

Toute référence au présent rapport doit
comporter la mention des sources.

Het rapport wordt gepubliceerd in de taal
van de auteurs

Le rapport est publié dans la langue des
auteurs.

SUMMARY

The possibility of recycling biodegradable waste materials (manure and waste from agricultural crops) into new proteins was investigated through experiments with various aquatic food chains.

The possibility of increasing the biomass yield through recuperation of the lost energy of thermal effluents was continually taken into consideration.

The most promising production procedures which could lead to industrial applications are:

- a) the controlled mass production of pickling lobsters (artemia) in "batch" or "flow through" systems using agricultural wastes,
- b) the nursery production of edible shell-fish (oysters, paphia pullastra clams) using microscopic algae which were grown on manure.

Units were designed of both types on a semi-industrial scale and were built on the Belgian coast.

In conclusion it can also be mentioned that the mass production of water fleas (daphnia) using manure and agricultural waste gave very encouraging results on a laboratory scale.

RESUME

L'éventualité du recyclage des déchets biodégradables (déjections animales et déchets des récoltes agricoles) en protéines nouvelles a été examinée par l'expérimentation de différentes chaînes alimentaires aquatiques.

La possibilité d'augmentation de rendement en biomasse par la récupération de l'énergie perdue des effluents thermiques a été chaque fois prise en considération.

Les schémas de production les plus prometteurs pouvant donner lieu à des applications industrielles sont :

- a) la culture en masse contrôlée des crustacés (*Artemia*) en batch ou systèmes en mouvement continu sur des déchets agricoles ;
- b) la culture en "nursery" de coquillages comestibles (huitres) sur des algues microscopiques cultivées sur des déjections animales.

Pour ces deux types, des unités de traitement à l'échelle semi-industrielle ont été conçues et construites à la côte belge.

Il faut enfin mentionner que la culture en masse de puces d'eau (*Daphnia*) sur des déjections animales et des déchets agricoles a fourni au stade du laboratoire des résultats très encourageants.

SAMENVATTING

De mogelijkheid van recyclage van biodegradeerbare afvalstoffen (dierlijke mest en afval van landbouwgewassen) in nieuwe eiwitten werd onderzocht door experimenteren met verschillende aquatische voedselketens.

De mogelijkheid van vergroting van de biomassa-opbrengst door recuperatie van de verloren energie van thermische effluenten werd hierbij telkens in beschouwing genomen.

De meestbelovende produktieschema's die kunnen aanleiding geven aan industriële toepassingen zijn :

- a) de gecontroleerde massakweek van pekelkreeftjes (Artemia) in "batch" of doorvloeisystemen op landbouwafval,
- b) de nursery-kweek van eetbare schelpdieren (oesters, tapijtschelpen) op mikroskopische wieren gekweekt op dierlijke mest.

Voor beide types werden eenheden op semi-industriële schaal ontworpen en gebouwd aan de Belgische kust.

Ten slotte weze ook vermeld dat de massakweek van water-vlooien (Daphnia) op dierlijke mest en op landbouwafval op laboratoriumschaal zeer hoopgevende resultaten heeft opgeleverd.

1. SCHEMA VAN HET ONDERZOEK	4
2. INLEIDING	6
3. DE Kweek VAN MICRO-ALGEN	
3.1. OBJECTIEVEN	8
3.2. METHODIEK EN PLANNING	9
3.2.1. Fazen en Materiaal	9
3.2.2. Behandeling van de gebruikte varkensmest	10
3.3. RESULTATEN EN BESPREKING	13
3.3.1. Zoetwateralgen	13
3.3.1.1. Experimenten met beluchte varkensmest	13
3.3.1.2. Experimenten met niet-beluchte varkensmest	17
3.3.2. Mariene algen	20
3.3.2.1. Invloed van nutriënten en pH op de wiergroei	23
3.3.2.2. Invloed van licht en retentietijd	28
3.3.2.3. Invloed van de temperatuur op de species-samenstelling	33
3.3.2.4. Invloed van turbulentie op de wiergroei	36
3.3.2.5. Predatiebestrijding in wierkulturen	37
3.4. BIBLIOGRAFIE	40
4. DE Kweek VAN DAPHNIA	43
4.1. OBJECTIEVEN	43
4.2. METHODIEK	44
4.3. RESULTATEN EN BESPREKING	44
4.3.1. Experimenten met varkensmest en algen	44
4.3.2. Experimenten met afval van de voedings-industrie (landbouwafval)	50
5. DE Kweek VAN SCHELPDIEREN	52
5.1. OBJECTIEVEN	52
5.2. METHODOLOGIE	53
5.3. PLANNING	54
5.4. WETENSCHAPPELIJKE AKTIVITEITEN	55

	<u>Blz.</u>
5.4.1. Groeiproeven met mosselen, oesters en tapijtschelpen op basis van de natuur- lijke rijkdom aan fytoplankton in het Spuikomwater, met opwarming van het zeewater.	55
5.4.2. Groeiproeven met mosselen, oesters en tapijtschelpen met additie van wier- suspensies gekweekt op agrarische mest- stoffen en gekweekt op beluchte varkens- mest.	70
5.4.3. Groeiproeven met tapijtschelpen en oesters met vervoeding van rijstvoerschroot.	80
5.5. WETENSCHAPPELIJKE KONKLUSIES	85
5.6. BIBLIOGRAFIE	88
6. DE KWEK VAN ARTEMIA	89
6.1. OP PUNT STELLEN VAN EEN SYSTEEM VOOR DE MASSA- KWEK VAN <u>ARTEMIA</u> IN "BATCH"	89
6.1.1. Inleiding	89
6.1.2. Omschrijving kweekstelsel	90
6.1.3. Watercirculatie	90
6.1.4. Lucht-water-pompen	90
6.1.5. Aëratiesysteem	92
6.1.6. Raceway-technologie	92
6.1.6.1. Inleiding	92
6.1.6.2. Voedseltoediening	93
6.1.6.3. Systeem-uitbreiding	94
6.2. ONDERZOEK NAAR GESCHIKTE VOEDSELS VOOR DE KWEK VAN HET PEKELKREEFTJE <u>ARTEMIA</u>	94
6.2.1. Levende voedsels en afgeleide produkten	94
6.2.2. Inerte voedsels : landbouw(afval)produkten en bio-industriële afval	96
6.2.2.1. Ricebran of rijstvoerschroot en rijst- voedermeel	96
6.2.2.1.A. Inleiding	96
6.2.2.1.B. Bewerking van het ruwe rijstekaf	96
6.2.2.1.C. Resultaten	97
6.2.2.1.D. Problemen	97
6.2.2.2. Soyapellen of soyameel	100
6.2.2.3. Lacotoserum of weipoeder	100
6.2.2.4. Besluit	104

6.3. OP PUNT STELLEN VAN EEN TECHNOLOGIE VOOR DE MASSA- KWEK IN ZEER HOGE DENSITEITEN VAN <u>ARTEMIA</u> IN DOORVLOEIKWEK	111
6.3.1. Ontwikkeling van het kweekstelsel	104
6.3.2. Onderzoek naar de faktoren belangrijk bij de doorvloei-kweektechnologie	105
6.3.2.1. Optimale retentietijden der wiercellen voor een maximale ingestie door <u>Artemia</u>	105
6.3.2.2. Invloed van het larvaal stadium en de dichtheid aan <u>Artemia</u> larven op de minimale retentietijd en de mogelijke groei en overleving	111
6.3.3. Bekomen resultaten	111
6.3.4. Doorvloeiweek met inerte voedsels	111
6.4. HET GEBRUIK VAN THERMISCHE EFFLUENTEN BIJ DE MASSAKWEK VAN HET PEKELKREEFTJE <u>ARTEMIA</u>	113
6.4.1. Inleiding	113
6.4.2. Batchweek	113
6.4.3. Doorvloeiweek	116
6.5. OP PUNT STELLEN VAN GEPASTE RANDTECHNOLOGIE VOOR DE KWEK VAN <u>ARTEMIA</u>	117
6.5.1. Inleiding	117
6.5.2. Primaire en sekundaire zuiveringssystemen voor de batchweek van <u>Artemia</u>	117
6.5.2.1. Primaire zuivering	118
6.5.2.1.A. Plate- en tube separator	118
6.5.2.1.B. Cross flow sieve	119
6.5.2.2. Sekundaire zuivering	119
6.5.3. Turbidostaat	120
6.5.4. Dekapsulatie van <u>Artemia</u> -cysten	120
6.5.4.1. Inleiding	120
6.5.4.2. Dekapsulatietechniek	121
6.5.5. Konstruktie van een pilootinstallatie te Sas Slikens	125
6.6. BIBLIOGRAFIE	128

7. DANKBETUIGING

8. BIJLAGE

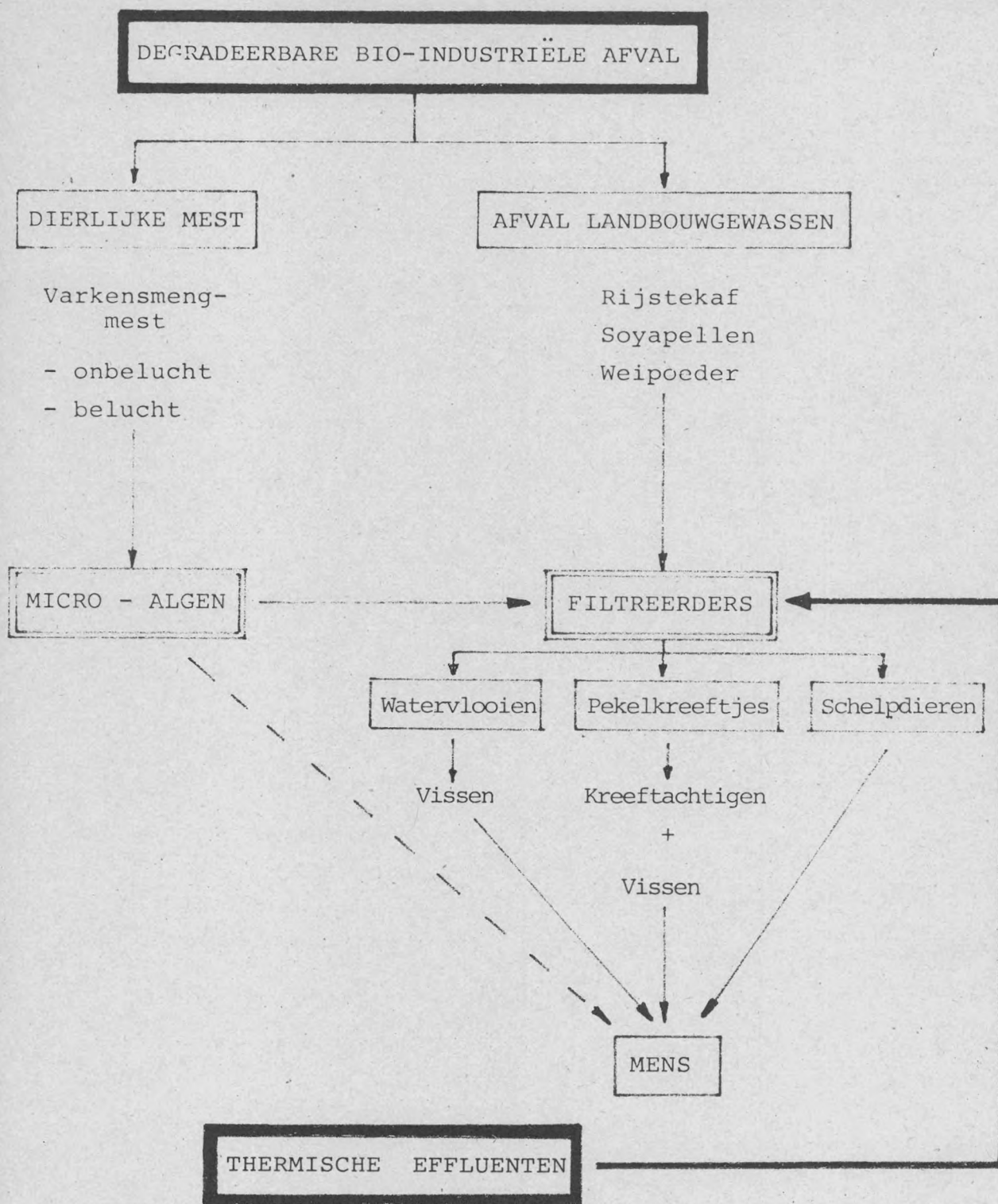
1. SCHEMA VAN HET ONDERZOEK

Door de onderzoeksteams van de Rijksuniversiteit Gent en het Instituut voor Zeewetenschappelijk Onderzoek werden de recyclagemogelijkheden onderzocht van biodegradeerbare afvalstoffen (dierlijke mest en afval van landbouwgewassen) door middel van aquatische voedselketens.

Deze problematiek werd vanuit verschillende richtingen benaderd, zoals schematisch voorgesteld in Figuur 1.

De afvalstoffen werden hetzij rechtstreeks, hetzij onrechtstreeks (na mineralisatie en produktie van micro-algen) vervoederd aan filtrerende organismen. De massaproduktie van laatstgenoemde dieren is van economisch standpunt aantrekkelijk aangezien zij rechtstreeks (schelpdieren) of onrechtstreeks (watervlooien en pekelkreeftjes) eiwitten voor de menselijke voeding betekenen.

In hetzelfde perspectief werd de invloed van de temperatuur op de produkties bepaald, met het oog op het benutten van een deel van de (verloren) energie van thermische effluenten die met enorme debieten uit onze krachtcentrales vloeien.



Figuur 1

Schematische voorstelling van de verschillende experimenteel onderzochte aquatische voedselketens voor produktie van dierlijke eiwitten door recyclage van degradeerbare bio-industriële afval met benutting van de energie van thermische effluenten.

2. INLEIDING

In het algemeen kader van de bescherming van het leefmilieu is de problematiek van de accumulatie van biodegradeerbare afval geproduceerd door de industriële veehouderijen (dierlijke meststoffen) en door de zgn. "bio-industrieën (afval van landbouwgewassen) zowel op nationaal als op internationaal vlak een nijpend vraagteken.

Uitgaande van de idee dat deze bio-industriële afval zeer nutrientenrijk is, en als dusdanig niet noodzakelijk als een afvalprodukt moet beschouwd worden, maar als een interessante en zeer goedkope grondstof voor nieuwe eiwitproduktie, werd door onze onderzoeksteams gepoogd verschillende "biologische" wegen uit te werken langs dewelke deze afvalstoffen in een economisch interessant eindprodukt zouden kunnen worden herwerkt. Hierbij werd het hergebruik van een tweede (kosteloze) verloren energie geïntegreerd, nl. de potentiële recuperatie van de warmte van thermische effluenten. Alle krachtcentrales moeten per geproduceerde calorie immers ongeveer 2 calorien warmte afvoeren onder de vorm van thermische effluenten.

Uiteindelijk werden na intensief onderzoek op laboratoriumschaal drie korte aquatische voedselketens weerhouden langs dewelke degradeerbare bio-industriële afval in nieuwe eiwitten konden worden omgezet, hetzij rechtstreeks, hetzij na voorafgaandelijke mineralisatie en massaproductie van micro-algen (zie figuur 1).

Voor twee van deze voedselketens is het onderzoek zo ver gevorderd dat een semi-industriële installatie op pilotschaal kon uitgedacht worden, waarvan de bouw praktisch voltooid is. Het betreft de industriële prototypes van respectievelijk een eenheid voor massaproductie van pekelkreeftjes (Artemia) op landbouwafval, en een eenheid voor nursery-kweek van eetbare schelpdieren (oesters, tapijtschelpen) via de massakweek van mikroskopische wieren, beide opgetrokken aan de Belgische kust.

Aangezien de 3 voedselketens leidende tot de massaproductie van watervlooien (Daphnia), pekelkreeftjes (Artemia) en schelpdieren (oesters, tapijtschelpen) onafhankelijk zijn, worden ze hierna in afzonderlijke hoofdstukken behandeld.

De massaproductie van zoetwaterwieren, respectievelijk mariene micro-algen als tussenstap tussen de afvalstoffen en de dierlijke eiwitbron, wordt in eerste instantie besproken.

3. DE KWEEK VAN MICRO-ALGEN

3.1. OBJECTIEVEN

Met betrekking tot de opbouw van korte voedselketens, waarbij de productie van geschikte algen, als voedsel voor verschillende konsumenten, aan de basis ligt, werden volgende objectieven onderzocht :

1. De bruikbaarheid van varkensmest als voedingssubstraat voor de groei zowel van zoetwater- als van mariene micro-algen.

Als type van bio-industriële afval werd varkensmest gekozen omdat zich op dat punt ernstige milieu-hygiënische problemen stellen in ons land.

Varkenmest is een vloeibare mengmest bestaande uit een mengsel van faeces, urine en waswater. Slechts een kleine fractie van de mest bestaat uit bezinkbare, gemakkelijk af te scheiden stoffen.

Zowel de bruikbaarheid van varkenmest na aëratie, ttz. na een zekere mineralisatie, als onbeluchte varkensmest werden als substraat uitgetest.

2. In samengang met punt 1, de opname van anorganische opgeloste nutriënten (vnl. stikstof en fosfor), uit de mest, door de algen.
3. In relatie tot schaalvergroting, in welke mate het in de praktijk doenbaar is om hetzij met welbepaalde algensoorten te werken, hetzij met algenpopulaties die zich spontaan in het aangerijkte milieu ontwikkelen.
4. Welke factoren de soortensamenstelling van het natuurlijk fytoplankton in gunstige mate kunnen beïnvloeden (= 'controlled blooming') : in de praktijk waren dit o.m. temperatuur, saliniteit, nutriëntenaanbod, pH en retentietijd.

5. Factoren zoals licht en temperatuur die de algenproductie als dusdanig bepalen; alsook door simulatie het gebruik van thermische effluënten voor het kweken van algen evalueren.
6. Aan de hand van de bekomen productiecijfers als gevolg van de wisselende klimatologische omstandigheden in de loop van het jaar, het opstellen van een prognose van de te verwachten producties.
7. Het ontwikkelen van geschikte technologieën voor de massaproductie van mikro-algen, met bijzondere aandacht voor de invloed van de turbulentie op het rendement van het kweekstelsel.
8. Het op punt stellen van een eenvoudig sturingsproces voor de wierkulturen met betrekking tot de nutriëntensamenstelling van het afvalprodukt en de zich wijzigende klimatologische omstandigheden in de loop van het jaar; het afwegen van de voor- en nadelen van continu- of semi-continu-kulturen tegenover batch-kulturen.
9. Fenomenen van predatie in de kulturen door protozoën en andere konsumenten, en het uittesten van diverse middelen ter bestrijding van deze predatie.

3.2. METHODIEK EN PLANNING

3.2.1. Fazen en Materiaal

De onderzoeken omvatten 3 fasen :

1. Kleinschalige laboratoriumproeven die tot doel hadden het gedrag (groeisnelheid) van verschillende wiersoorten uit te testen tegenover diverse parameters zoals nutriëntconcentratie pH, e.a.

Deze biologische testen (bio-assays) werden steeds uitgevoerd in 2 liter serumflessen voorzien van een doorborreling met lucht, al dan niet aangerijkt met CO₂, als pH stabilisator, en opgehangen vóór een lichtpaneel bestaande uit een reeks TL-lampen (cf. Persoone en Sorgeloos, 1975; De Pauw et al., 1978; De Pauw en De Leenheer, 1979).

2. Proeven in het laboratorium op iets grotere schaal (tot 100 liter) ten einde diverse kweektechnologiën en sturingsmethodes uit te testen.

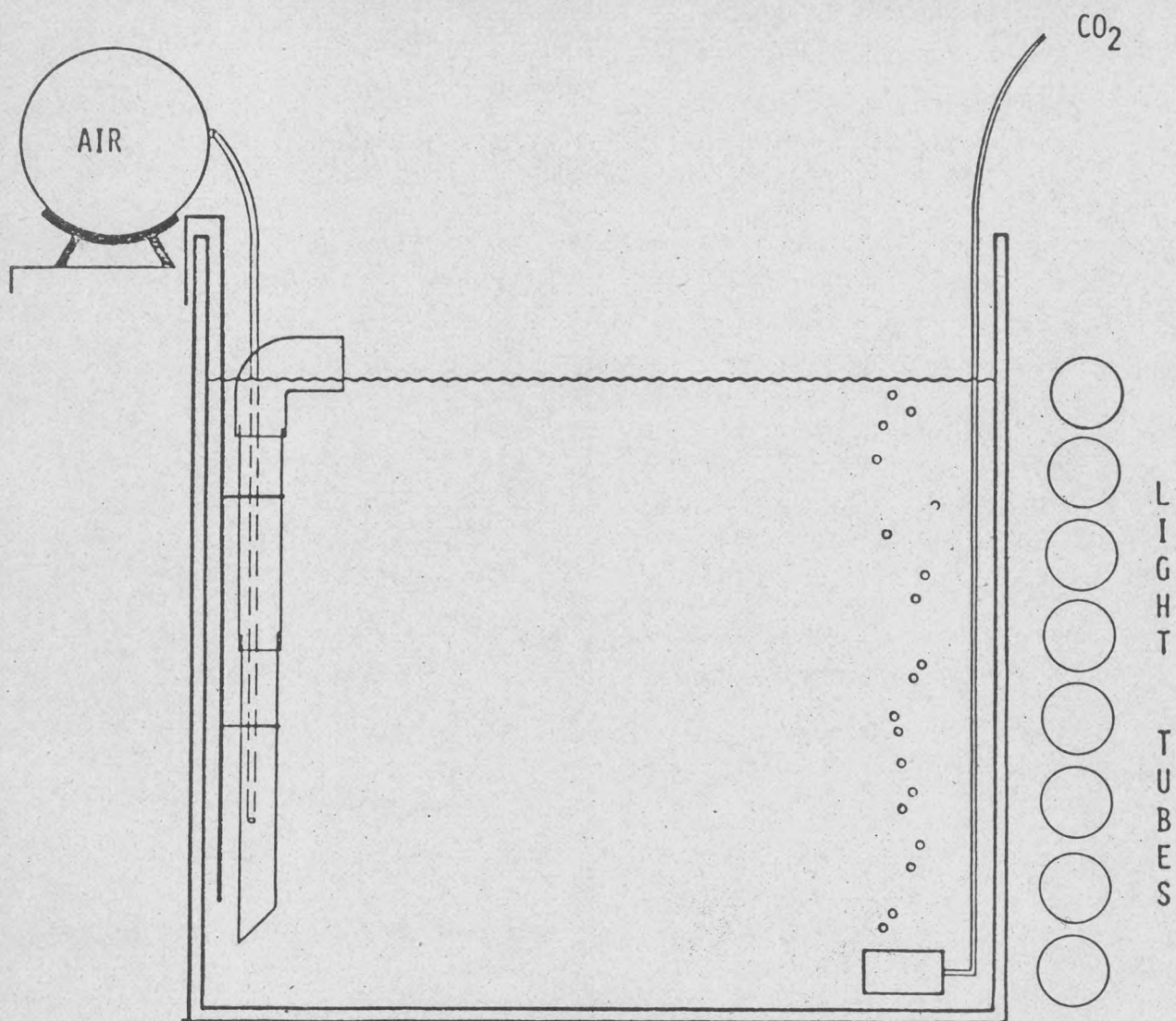
Deze proeven werden uitgevoerd, hetzij in kleine raceways voorzien van een ronddraaiende-paddel (cf. Stengel, 1971), hetzij in glazen aquaria, voorzien van een reeks zijdelings opgestelde air-lift pompen (cf. Fig. 2). Perslucht door deze pompen gestuurd, brengt de watermassa in beweging en zorgt voor een goede menging (cf. Sorgeloos et al., 1977). Als lichtbron werd in het eerste geval gebruik gemaakt van boven de raceways opgehangen straatlampen voorzien van hoge druk kwikhalogeenlampen, in het tweede geval van een zijdelings opgesteld lichtpaneel bestaande uit TL-lampen.

3. Experimenten op grotere schaal (enkele honderden liters tot enkele kubieke meters) in buitenomstandigheden, waarbij de bruikbaarheid van de kleine piloot-installaties werd uitgetest.

Tijdens de voorbije drie jaar, werd ervaring opgedaan met raceway-systemen uitgerust met ronddraaiende paddels (cf. De Pauw et al., 1978; De Pauw en De Leenheer, 1979) als ook met rechthoekige tanks uitgerust met air-lift pompen (cf. De Pauw et al., 1979; Persoone et al., 1979).

3.2.2. Behandeling van de gebruikte varkensmest

Als voedingsbron voor de wieren werd meestal uitgegaan van beluchte varkensmest. Deze was oorspronkelijk afkomstig van pilootzuiveringsinstallaties gevestigd op grote bedrijven



Figuur 2

Dwarse doorsnede door aquarium voor wierkweek
uitgerust met lucht-waterpompen
(uit Sorgeloos et al., 1977).

te Beernem en te Hamme. Daar onderging de mest een langdurige beluchting (3-4 weken), wat vooral tijdens de zomer aanleiding gaf tot nitrietvorming. Daar dit later toxisch bleek voor de algen, werd een eigen beluchtingsschema ontwikkeld waarbij de mest een verblijftijd kreeg in de beluchtingstank variërend van 2 weken in de zomer tot 3 weken in de winter. Dit garandeerde een reukloze mest die voldoende gemineraliseerd was om als voedingsbron voor wierkweek te dienen en ook vrij helder was.

Vanuit hygiënisch standpunt werd ook een sterke reductie van bacteriën (cf. Van Staen, 1977) en virussen (analysen Prof. Pensaert, 1978, 1979) bekomen.

Tevens werd de kans op nitrietaccumulatie door de verkorte retentietijd sterk verminderd. Geschiedde dit toch, dan werd de beluchting tijdelijk stopgezet wat het denitrificatieproces bevorderde.

Tabel 1 geeft een idee van de nutriëtensamenstelling van varkensmest na beluchting.

Tabel 1

Nutriëtensamenstelling van diverse batchen geaëreerde varkensmest gebruikt in onze experimenten (1977-1978).

	Waarden in mg N of P l ⁻¹						
	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	Totale Anorgan. N.	Ortho-P	N:P	pH
Maximum	174	440	79	1.789	301	420	9,2
Minimum	77	0	0	81	2	2	8,6
Gemiddeld	615	20 (1,6*)	14	674	33	72	8,9
Aantal waarnemingen	76	76	67	70	78	70	60

* Gemiddelde; 5 waarden van meer dan 100 mg NO₂-N⁻¹ niet inbegrepen.

Het dient vermeld dat in 1979 het "mest-actief-slib systeem" zo goed gestabiliseerd was dat er zich zelfs tijdens de zomer geen enkele keer nitrietaccumulatie voorgedaan heeft.

3.3. RESULTATEN EN BESPREKING

Om praktische redenen zullen we een afzonderlijke bespreking geven van onze bevindingen met zoetwaterwieren en deze met mariene algen.

3.3.1. Zoetwateralgen

Zoals het schema in de inleiding aangeeft (cf. Fig. 1) kunnen de zoetwaterwieren gebruikt worden als voedsel voor micro-crustaceeën zoals Daphnia magna.

3.3.1.1. Experimenten met beluchte varkensmest

In een eerste stadium werd de bruikbaarheid van beluchte varkensmest als substraat voor de groei van verschillende zoetwaterwieren onderzocht.

Uitgebreide vergelijkende groeiproeven werden verricht met verschillende soorten mikroskopische wieren. In kleine batchkulturen (2 liter) werd de potentiële groei van Scenedesmus, Chlorella en Coelastrum in verschillende concentraties mest bestudeerd in goede temperatuur- en belichtingsomstandigheden (De Pauw et al, 1978).

Invloed van de pH

De invloed van pH stabilisatie (door toevoeging van CO_2) op de groei van wieren werd in detail nagegaan. Fig. 3 geeft het resultaat weer van dergelijke experimenten.

De resultaten tonen aan dat beluchte varkensmest, een uitstekend substraat is voor de groei van diverse algen, in acht genomen dat zowel de nitrietconcentraties in de mest als de pH geen bepaalde waarde overschrijden.

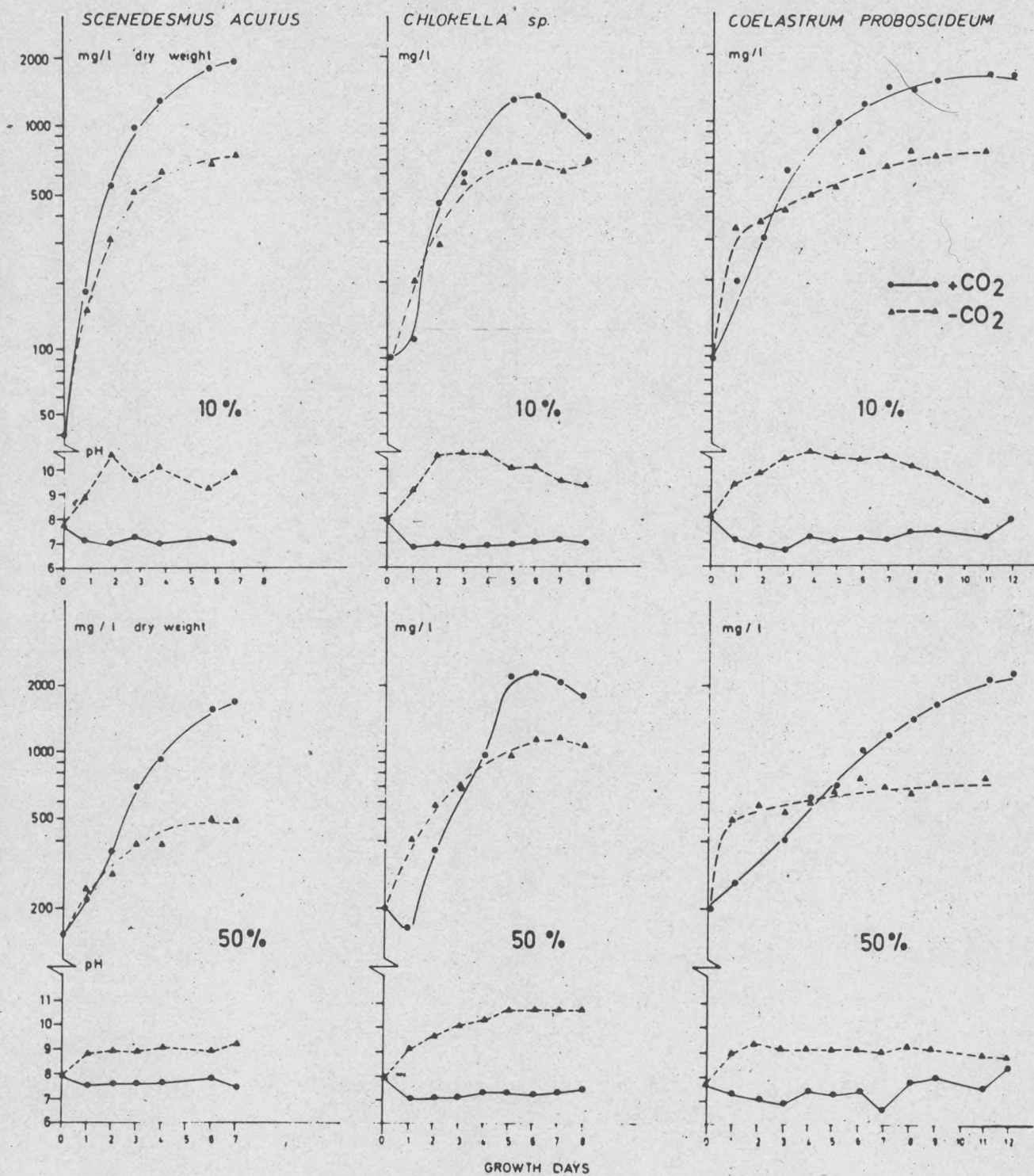
Bij al de uitgeteste wiersoorten kwam tot uiting dat stabilisatie van de pH bij waarden gelegen tussen 7 en 8 de beste rendementen van algengroei garandeert.

Productie versus lichtinstraling en temperatuur

Vervolgens werd op grotere schaal de algengroei in openlucht kulturen onder natuurlijke temperatuur- en lichtomstandigheden gedurende de verschillende seizoenen van het jaar bestudeerd. Als kweektechnologie werd hier gebruik gemaakt zowel van raceways uitgerust met ronddraaiende paddels (cf. Stengel, 1971) als van kweekbekkens met lucht-water pompen om de wiersuspensie in beweging te houden (Sorgeloos et al., 1977).

Eén van de voornaamste objectieven van ons onderzoek was het onderzoeken van de mogelijkheid om gedurende lange tijd semi-kontinue kulturen van Scenedemus acutus te onderhouden met gemineraliseerd mest als enige nutriëntenbron. De criteria om dergelijke kulturen te sturen, evenals de rendementen, zijn begrijpelijkerwijze in de eerste plaats functie van de belichtingsomstandigheden (instraling) en de temperatuur.

Gedurende de wintermaanden vanaf december tot begin maart, werd praktisch geen algengroei vastgesteld als gevolg van de geringe insolutie waarden (minder dan $400 \text{ J cm}^{-2} \text{ d}^{-1}$), en de lage temperaturen. Tijdens twee winterseizoenen (1976-77 en 1977-78) werd daarom eveneens onderzocht in welke mate opwarmen van de kultuurvloeistof de wiergroei zou bevorderen. De experimenten werden uitgevoerd in een opgewarmde glazen serre bij ongeveer 20°C .



Figuur 3

Groei en pH kurven van 3 wiersoorten in 2 liter flessen, op 10 en 50 % secundair gereinigde varkensmest, met en zonder CO₂-aanrijking.

In tabel 2 zijn de bekomen opbrengsten per maand weergegeven, in relatie tot de instraling.

Tabel 2

Maand	1976 - 1977		1977 - 1978	
	gemiddelde produktie (g DS m ⁻² d ⁻¹)	gemiddelde instraling (J cm ⁻² d ⁻¹)	gemiddelde produktie (g DS m ⁻² d ⁻¹)	gemiddelde instraling (J cm ⁻² d ⁻¹)
December	1.66	188	1.74	169
Januari	2.10	246	1.90	208
Februari	2.88	462	2.73	428
Maart	3.91	866	-	-

De resultaten laten duidelijk uitschijnen dat licht dé bepalende limiterende factor is voor de algengroei ; niettegenstaande de opwarming van de kultuurvloeistof tijdens de winterperiode werden immers geen wezenlijk hogere producties bekomen dan in niet opgewarmde bekkens. Dezelfde bevinding werd trouwens ook onlangs gedaan in de V.S. (Goldman, 1977) met mariene mikroskopische wieren.

De twee voornaamste praktische konklusies van dit experiment zijn dat massakweek van wieren in outdoor omstandigheden in België, slechts mogelijk is vanaf maart tot oktober - november (een bevinding die gedeeld wordt door Paelinck, 1978) en dat artificiële verwarming van de kweekbekkens voor de verhoging van de wierproduktie maar interessant wordt wanneer de lichtomstandigheden niet limiterend zijn.

Zonder artificiële opwarming varieerden de droge stof opbrengsten in onze experimenten vanaf maart tot juli - augustus, tussen 2.5 en 15 g m⁻²d⁻¹, wat in overeenstemming is met andere literatuurgegevens (cf. o.a. Oswald, 1977).

In een uitgebreide reeks proeven met Scenedesmus gekweekt op anorganische zouten heeft Paelinck (1978) de relatie tussen wierproduktie en insolutie voor onze Belgische klimaatomstandigheden onderzocht (Fig. 4)

De efficiëntie met dewelke het ingestraalde licht to wierbiomassa wordt omgezet, bedraagt gemiddeld ongeveer 1.5 %, hetgeen aanzienlijk hoger is dan hetgeen bereikt wordt in de konventionele landbouw.

Sturing van semi kontinu-kulturen

Zoals hoger reeds vermeld, was één van de doelstellingen van ons onderzoek, het op punt stellen van semi-kontinukulturen van wieren op mest. In Fig. 5 zijn bv. enkele resultaten van een dergelijk experiment weergegeven.

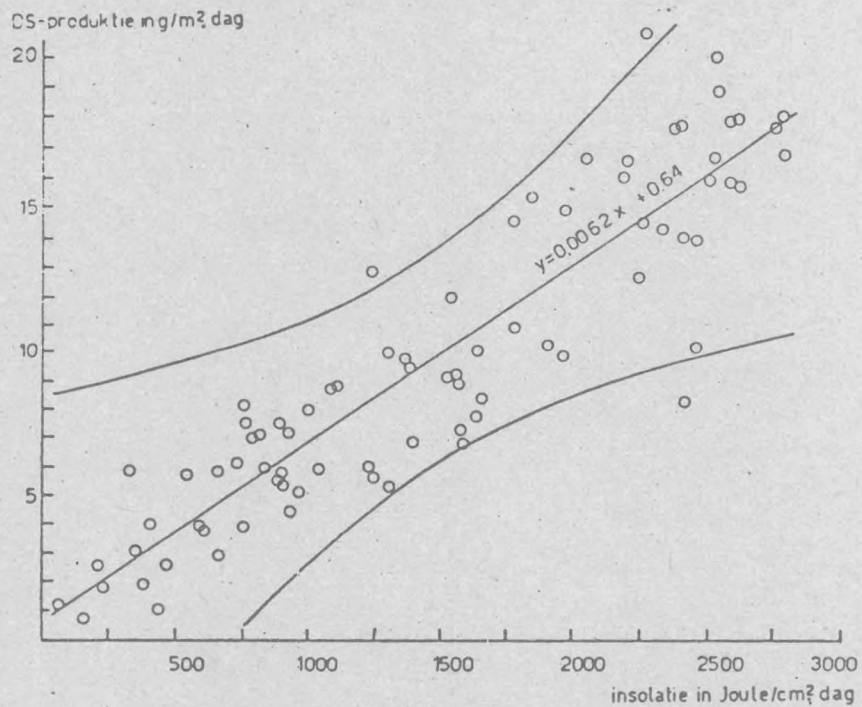
De hoeveelheid mest die regelmatig bijgevoegd wordt, wordt berekend op grond van de hoeveelheden N en P aanwezig in de mest, en in functie van de theoretische optimale N en P opname voor de wiergroei onder de heersende lichtkondities. De opbrengst in droge stof van wieren gekweekt op varkensmest ligt ongeveer 20 tot 30 % lager dan deze van referentiekulturen gekweekt op zuiver anorganische voedingszouten.

De praktijk heeft ons geleerd dat niet meer dan enkele procenten beluchte varkensmest mag toegevoegd worden, wil men de groei niet negatief beïnvloeden (o.a. door te hoge turbiditeit van de mestsuspensie).

Wanneer gewerkt wordt met weinig turbiede mest die voldoende N en P bevat, (in een goede N:P verhouding van ongeveer 6), blijken opbrengsten mogelijk te zijn die nagenoeg niet verschillen van deze bekomen op artificiële media.

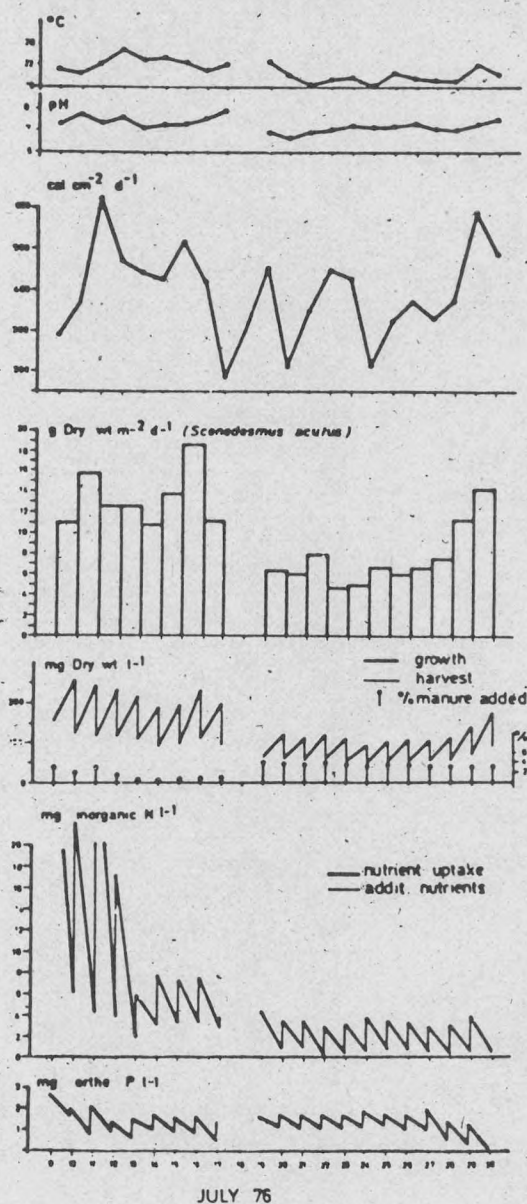
3.3.1.2. Experimenten met niet-beluchte varkensmest

Ten einde het kweken van wieren met dierlijke mest te vereenvoudigen, werd nagegaan of microscopische wieren ook rechtstreeks kunnen groeien op niet beluchte varkensmest zonder voorafgaandelijke aëratie. Dit zou betekenen dat de mest uit de aalkelder rechtstreeks zou kunnen gebruikt worden.



Figuur 4

Verband tussen de dagelijkse globale instraling (Joule/cm².dag) en de dagelijkse biomassaproduktie (g/m².dag) (uit Paelinck, 1978).



Figuur 5

Groei en nutriëntenopname van *Scenedesmus acutus* gekweekt op secundair gereinigde varkensmest in semi-kontinukulturen (250 liter) in openlucht, gedurende juli 1976.

Een vergelijkende groeitest werd uitgevoerd met het groenwier Scenedesmus onder constante omstandigheden van licht en temperatuur.

Uit de resultaten blijkt dat niet beluchte varkensmest een even valabel medium is voor de algen als beluchte varkensmest, doch dat gezien de grotere rijkdom aan N en P van dit substraat (cf. Tabel 3), de dosering dient verlaagd.

Een indoor 30 liter semi-kontinu kultuur kon zonder problemen worden onderhouden met niet beluchte varkensmest als enig voedingsmedium gedurende meer dan 2 maanden. Om de twee dagen werd 50 % van de kultuur geoogst (= retentietijd 4 dagen), waarna 1 % onbeluchte varkensmest toegediend werd als nieuw substraat.

Tabel 3

Vergelijking nutrientensamenstelling onbeluchte varkensmest uit de aalkelder, en mest na beluchting in een kuip gedurende twee weken.

	NH ₄ -N		NO ₂ -N		NO ₃ -N		Ortho-P	
	B	N.B	B	N.B	B	N.B	B	N.B.
Minimum	896	1700	0	0	-	-	22	60
Maximum	1458	2200	0	0	-	-	214	317
Gemiddelde*	1086	1908	0	0	-	-	59	151

Waarden in mg N of P l⁻¹

* gemiddelde van 8 waarnemingen in 1979

B = Beluchte Mest ; N.B = Niet-beluchte Mest

3.3.2. Mariene algen

Mariene micro-algen kunnen als voedsel dienen voor het kweken van filtreerders zoals Bivalven en pekelkreeftjes (Artemia). Alle algentesten, en in de eerste plaats ook de labo-proeven

werden uitgevoerd met 2 specifieke mariene microscopische wiersoorten die in monokultuur gekweekt werden, nl.

- Chlorella sacchararophilla (Krüger) Migula, een niet motiel chlorococcoaal groenwier.
- Dunaliella sp., ook een ééncellig groenwier, beweeglijk door het bezit van twee flagellen.

In een verder geëvolueerd stadium werden eveneens semi-kontinu en kontinu-kulturen, zowel indoor als outdoor, uitgevoerd met natuurlijke fytoplantonpopulaties. Dit heeft als voordeel dat meestal een mengsel van wiersoorten aan de Bivalven kan vervoederd worden. Een gevarieerd dieet levert meestal betere resultaten op dan monokulturen.

Evenzo is de cultuur beter gebufferd tegen predatie door zoöflagellaten en ciliaten zodat een grotere bedrijfszekerheid van de wierproduktie bekomen wordt.

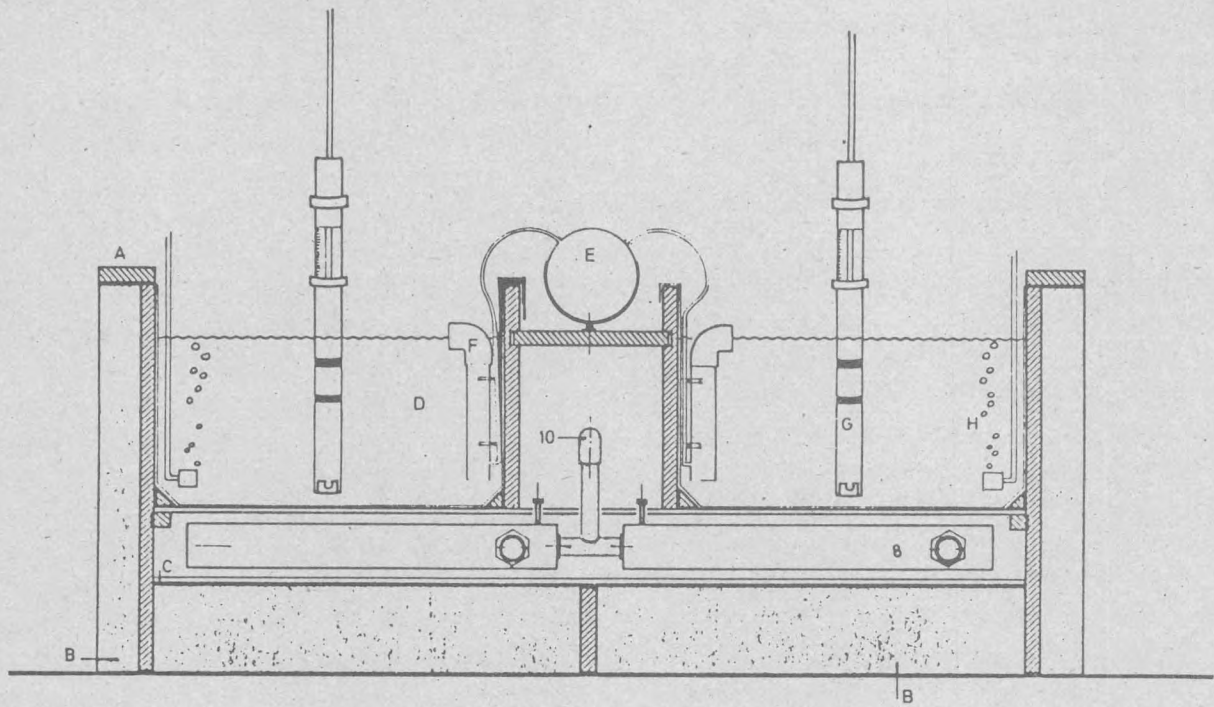
Voor het onderzoek naar de massakweek van mariene wieren onder natuurlijke lichtomstandigheden werd een kleine piloot-installatie gebouwd op de terreinen van het Instituut voor Zeewetenschappelijk onderzoek aan de Spuikom te Oostende. (De Pauw et al., 1978)

De installatie (cf. Fig 6) bestaat uit een met PVC-folie waterdicht gemaakte houten tank. Deze is verdeeld in 2 kompartimenten elk met een volume van 250 liter, een oppervlak van 1 m² en 25 cm diep.

Luchtwaterpompen zorgen ook hier voor de menging van de wieren.

In de bodem van de bekkens werd een verwarmingscircuit ingebouwd zodat de invloed van thermische effluenten kan gesimuleerd worden.

Tevens werd een automatisch CO₂-sturingseenheid geïnstalleerd zodat de pH kon gestabilliseerd worden.



Figuur 6

Dwarse doorsnede door prototype van "Outdoor" kweekstelsel voor mikroskopische wierren opgesteld aan de Spuikom.

- A houten bekisting
- B polystyreen isoleerlaag
- C aluminiumplaat
- D kweekbekken
- E expansievat
- F air-lift pompen
- G pH-elektrode
- H CO₂-toevoer
- 8 radiator
- 10 afvoerleiding water

3.3.2.1. Invloed van nutriënten en pH op de wiergroei

1. Algentesten op verschillende stikstof-bronnen

Vooreerst werd nagegaan in hoeverre beluchte varkensmest een geschikt substraat was voor de wierkweek.

Hiertoe werden algentesten uitgevoerd met Chlorella saccharophylla en Dulaliella sp. in 2 liter serumflessen (zie methodiek).

De groei van deze wieren op beluchte varkensmest werd gevolgd in functie van de vorm waaronder stikstof in de mest aanwezig kon zijn - hoofdzakelijk ammonium (NH_4^+) of nitriet (NO_2^-), de concentratie toegediende stikstof (20-50-100 mg N l^{-1}) en de ingestelde pH (6, 7 en 8).

Hieruit bleek dat ammoniumhoudende mest een goede voedingsbron is voor beide wiersoorten.

De beste resultaten werden verkregen bij pH 7 bij concentraties lager dan 100 mg $\text{NH}_4^+-\text{N l}^{-1}$.

Bevat de mest echter veel nitriet dan wordt de wiergroei gehinderd. De inhibitie is totaal bij een lage pH van 6. Dit fenomeen werd meer in detail nagegaan door simulatie met anorganische N-bronnen waarbij enkel NH_4^+ -, NO_2^- - of NO_3^- -N toegediend werd, ofwel een mengsel van 2 of 3 van deze vormen en dit bij pH 6, 7 en 8.

Bij hoge NH_4^+ - concentraties (100 mg N l^{-1}) werden duidelijk betere resultaten verkregen bij pH 6 dan bij pH 8; dit lijkt ons te wijten aan de omzetting bij hoge pH van ammonium tot ammoniak ($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NH}_3$) waardoor inhibitie van de wiergroei optreedt.

Bij hoge concentraties nitraat werd juist het omgekeerde vastgesteld. Bij lage concentraties (20 mg N l^{-1}) NH_4^+ - of NO_3^- -N bleek noch de uitgeteste pH, noch de N-bron zelf enig specifiek effect te hebben op de wierproductie.

Nitriet daarentegen was voor beide wiersoorten toxisch bij lage tot neutrale pH (6 à 7) in alle uitgeteste concentraties. Bij hogere pH (≈ 8) was de gevoeligheid sterk afhankelijk van de wiersoort en de concentratie.

Dunaliella vertoonde slechts een geringe groeiremming bij $100 \text{ mg NO}_2^- \text{--N l}^{-1}$ terwijl de groei van Chlorella reeds bij $20 \text{ mg NO}_2^- \text{--N l}^{-1}$ geïnhibeerd werd.

De eerste resultaten bekomen met gebruik van varkensmest werden hierdoor dus bevestigd en wijzen duidelijk op een sterke groeiinhibitie door nitriet vooral bij lage pH. Dit wordt waarschijnlijk bepaald door de hogere toxiciteit van nitriet wanneer het als niet gedissocieerd zuur aanwezig is (dus bij lage pH).

2. Nutrientenopname in semi-kontinu en kontinu-kulturen

In laboratoriumomstandigheden werden semi-kontinu-kulturen van Chlorella en Dunaliella onderhouden in de reeds hoger beschreven aquaria voorzien van air-lift pompen.

In semi-kontinu kulturen wordt regelmatig een deel van de kultuurvloeistof met algen verwijderd (=oogsten), het resterende deel wordt terug aangelengd met vers zeewater en nieuwe nutrienten.

De frekwentie van oogsten werd afhankelijk gesteld van de bekomen wierproduktie en diende te geschieden vóór de stationnaire groeifase intrad.

Naargelang de auteur wordt de ideale N:P verhouding van een voedingsmedium voor wieren gesteld tussen 5 en 15 (Chiaudani en Vighi, 1974 ; Rhee, 1974 ; Paelinck en De Maeseneer, 1976). Gezien de mest een gemiddelde N:P - verhouding had hoger dan 15, werd de mesttoediening berekend op de hoeveelheid fosfor die reeël in de mest aanwezig was.

Gestreefd werd naar een minimum P-gehalte van 2 mg P per liter kultuurvloeistof na de oogst ; dit kwam meestal neer op een N-gehalte van 10 à 20 mg l^{-1} . De pH werd gestabiliseerd rond 7.5.

Deze werkwijze toegepast op Dunaliella gekweekt bij een normale saliniteit op Spuikomwater (29‰ S kustwater) bleek weinig succesvol. De kultuur werd na een tijdje steeds gepredasteed door Ciliaten en Zoöflagellaten. Een verhoging van het zoutgehalte tot 90‰ S door gebruik van het artificieel zeezout "Salin du Midi" verhielp hier iets aan (zie verder).

Een vergelijking werd gemaakt tussen de groei op het gemodificeerd artificieel medium van Walne (De Pauw et al, 1978) een medium samengesteld met commerciële meststoffen ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ en technisch H_3PO_4), en varkensmest.

De produktie in de kultuur met commerciële meststoffen was gemiddeld 30 % hoger en in de kultuur met mest gemiddeld 30 % lager dan in de kultuur met het gemodificeerde Walne-medium. Dunaliella bleek bij een verhoogde saliniteit (30‰ S) ook een verhoogde hoeveelheid P op te nemen.

Bij gebruik van commerciële meststoffen kon de N:P verhouding aan de verhoogde P-opname aangepast worden (N:P = 4) wat de hogere produktie deels verklaart.

Ook fungeerden de onzuiverheden van deze technische produkten waarschijnlijk als groeistimulerende sporenelementen. De gebruikte mest daarentegen had een N:P verhouding (N:P = 10) die minder aangepast was en gaf op zichzelf een extra turbiditeit aan de kultuur zodat minder licht voor fotosynthese beschikbaar was.

De kultuur op mest bleef bovendien gevoelig voor predatie zelfs bij 90‰ S.

De in analogie uitgevoerde Chlorella -kulturen vertoonden na een drietal waken steeds een sterk verminderde wierproduktie, te wijten aan te hoge nitrietconcentraties ($20 \text{ mg l}^{-1} \text{NO}_2^- \text{-N}$). Deze onstonden ofwel door toevoeging van NO_2^- houdende mest ofwel door nitrietvorming ($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^-$) in het bekken zelf door nitrificerende bacteriën, wat begünstigd werd door een lange retentietijd (7 à 20 dagen). Ook de kultuur met het gemodificeerde Walne-medium vertoonde nitrietakkumulatie na een drietal waken. Stopzetten van de CO_2 -toevoer, dus verhogen van de pH en verkorten van de retentietijd

tot 5 dagen waren afdoende middelen hiertegen.

Openlucht semi-kontinu kulturen van Chlorella werden gedurende 6 maanden (juli 1977-Januari 1978) uitgevoerd in de reeds hoger beschreven 250 liter tanks (cf. Fig. 6).

De optische densiteit (O.D. bij 678 nm in 1 cm kuvet), gold als sturingsparameter voor de oogst van de kultuur, waarbij gewerkt werd tussen 2 vooropgestelde grenswaarden (0.2 en 0.8). De pH werd automatisch gestabiliseerd tussen 7.5 en 8 door toevoeging van CO_2 via een sturingsapparaat.

Gezien de moeilijkheden ondervonden bij toedienen van te grote concentraties mest ineens, werd gewerkt met regelmatige en eerder kleine dosissen (0.5 à 2 %, mest per oogst), waarbij dezelfde nutriënteniveaus nagestreefd werd als vroeger reeds vermeld. Naar analogie werd ook een kultuur met artificiële media onderhouden.

De droge stof produktie varieerde van $8 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ in de zomer tot $0 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ in December. De gemiddelde opbrengst per mg opgenomen N (Y_N) varieerde tussen 7 en 13 mg droge stof en dit voor beide voedingen ; de gemiddelde opbrengst voor P (Y_P) schommelde tussen 57 en 100 mg voor het gemodificeerde Walne-medium en tussen 50 en 280 voor de mest.

De N:P-verhouding van de voeding zelf, tzt in het Walne-medium en de mest, bedroeg respectievelijk 5 en 90. Deze waarden duiden erop dat waarschijnlijk N noch P limiterend geweest zijn in de kultuur met artificiële media, doch dat in de kultuur met mest wel voldoende N maar niet voldoende P aanwezig was. We staven dit door te verwijzen naar de N:P-verhouding van de mest die zeker niet ideaal was (90 tov 5 à 15).

Ook duidt volgens Paelinck (1978) en Y_P 120 althans, voor het zoetwater groenwier Scenedesmus op P-limitering. Deze waarde werd in onze kulturen gemiddeld genomen overschreden. De niet aangepaste N:P-verhouding van de mest lijkt ons dan ook een voorname reden waarom de produktie met mest gemiddeld

20 à 30 % lager lag den die met artificiële voeding. De Voornaamste reden dienen we echter te zoeken in het turbiede karakter van de mest zelf.

Verdere experimenten met natuurlijke fytoplanktonpopulaties verliepen in iets gewijzigde omstandigheden. De O.D. bleef gelden als sturingsparameter voor de oogst, maar de grenswaarden werden verlaagd tot 0.1 en 0.3 om zo door een geringere turbiditeit (geringere wierconcentraties door hogere oogstregimes) een betere lichtpenetratie en dus een betere fotosynthese-efficiëntie te bekomen (cf. Shelef et al, 1973). Door te werken bij lagere wierconcentraties werd het zeewater ook minder uitgeput aan CO₂, wat resulteerde in een geringere pH-stijging als gevolg van de wiergroei. Aldus kon de extra CO₂ toevoer sterk gereduceerd worden. De pH werd eerst nog gestabiliseerd rond 8, maar sinds april 1979 werd elke CO₂ toevoer gestopt.

Als gevolg hiervan werden wel soms pH waarden hoger dan 9 genoteerd, maar dit enkel in de zomermaanden rond het middaguur.

Deze hoge pH was niet ideaal voor de wiergroei maar gezien de hoge kostprijs van CO₂ en de financiële gevolgen hiervan bij extrapolatie naar grotere systemen leek het ons verantwoord extra-CO₂ toevoer weg te laten.

Een mesttoediening van 2 % berekend op de hoeveelheid toe te voegen zeewater of 5 liter per m² per dag, vermenigvuldigd met de dilutiesnelheid van de kultuur (= % oogst:100) bleek uitstekende resultaten te geven, en voldeed omzeggens altijd aan de N-en P-behoeften van de wieren.

De N:P verhouding van de opgenomen voeding bij een dominantie aan Diatomeeën bleek merkkelijk hoger te liggen (30 à 40 %)

dan de N:P verhouding gevonden voor Chlorella. Dit zou erop wijzen dat de P-behoeften van Diatomeeën lager liggen dan die van groenwieren wat ook door Vollenweider (1971) en Dunstan et al. (1974) vermeld wordt.

Aangestipt zij hier dat de lage P-waarden in de mest gedeeltelijk gekompenseerd worden door de hoge P-waarden van het gebruikte Spuikomwater dat in sterke mate geeutrofieerd is.

Naast de opname van stikstof en fosfor, werd ook de specifieke opname van silicium als voedingselement onderzocht. De eerste openluchtkulturen met natuurlijk fytoplankton werden uitgevoerd op mest zonder Si-aanrijking. Dit leidde bijna steeds tot een dominatie van Chlorella en Phaeodactylum (een kiezelwier met geringe Si-behoeften).

Andere diatomeeën, bekend als zijnde goede voedsels voor mollusken o.a. Skeletonema en Thalassiosira waren slechts in gering aantal aanwezig.

Si-giften variërend van 3 tot 6 mg Si per liter wierkultuur lieten echter de dominatie van diatomeeën over groenwieren toenemen. Intensief onderzoek wordt op dit moment verricht naar het bepalen van deze Si-giften die optimaal zijn voor het induceren van diatomeeën bloeien, dit zowel qua Si-concentratie als wat de aard zelf van de Si-bron betreft : vast of vloeibaar, metasilicaat of Si-fluoride, zuiveringsgraad en oplosbaarheid. Uiteraard wordt gestreefd naar de meest economische oplossing in functie van een optimale groei.

3.3.2.2. Invloed van licht en retentietijd

De invloed van licht en retentietijd op de algenproducties werd gedurende bijna 2 volledige jaarcyclussen nauwkeurig gevolgd. Tabel 4 geeft een overzicht van waarden bekomen in kulturen uitsluitend gekweekt op basis van varkensmest.

A.	Maand	t°C		Insolatie J.cm ⁻² d ⁻¹	θ dagen	Productie g DS m ⁻² d ⁻¹
		Min.	Max.			
	Juli 1977	22	24	1645	8	2,0
	Augustus	23	25	1295	8	4,3
	September	22	24	1140	10	4,1
	Oktober	20	24	677	15	2,8
	November	19	23	338	17	1,6
	December	18	20	199	66	0,0
	Januari 1978	0	15	234		0,3
	Februari	12	20	532	30	1,1
	Maart	11	18	903	12	1,8
	April	14	20	1263	11	2,9
	Mei 1978	15	22	1444	10	3,1

B.	Maand	t°C		Insolatie J.cm ⁻² d ⁻¹	θ I dagen	Productie gDS m ⁻² d ⁻¹	θII dagen	Productie g DS m ⁻² d ⁻¹
		Min.	Max.					
	November 1978	6	17	383			5,5	0,5
	December	-3	14	179	19,6	0,3	10,0	0,2
	Januari 1979	-1	11	270	20,0	1,5	10,0	0,4
	Februari	0	19	398	20,0	0,5	10,0	0,3
	Maart	3	17	795	14,1	1,0	10,0	1,1
	April	4	20	1311	5,0	3,4	11,5	2,0
	Mei	10	24	1768	5,3	1,9	4,2	2,0
	Juni	10	26	1830	5,0	3,0	2,7	3,9
	Juli	12	27	1904	5,0	4,4	2,5	7,7
	Augustus	12	25		4,3	3,5	2,1	7,8
	September	10	25	1206	3,5	2,2	2,7	3,9
	Oktober	4	21		5,5	3,9	3,5	1,9

Tabel 4 : Temperatuurvariatiës, globale zon en hemelstraling, verblijftijd van de wieren in de kweektanks (θ) en droge stof (D.S.) produkties waargenomen in openlucht wierkulturen, gekweekt op varkensmest aan de Spuikom te Oostende.

De eerste serie gegevens zijn afkomstig van semi-kontinue kulturen van Chlorella (juli 1977 tot en met januari 1978) en van natuurlijk fytoplankton (februari → mei 1978).

Deze kulturen werden opgewarmd ter simulatie van het gebruik van thermische effluenten. De tweede serie gegevens werden allen bekomen met natuurlijke fytoplanktonpopulaties in semi-kontinue kulturen (november 1978 tot en met maart 1979) en later in continue kulturen bij ambiante temperaturen. Teneinde een bevroren van de kulturen tegen te gaan werd tijdens de winterperiode de kultuurvloei stof lichtjes opgewarmd. De D.S.-produkties vermeld in serie A 1977-1978 zijn allen rechtstreeks bepaald door uitvoeren van drooggewichten. Chlorella was hierbij overwegend dominant. In de reeks B 1978-1979 zijn de produkties onrechtstreeks bepaald en werd uitgaande van aantallen per soort, gemeten volumes en conversiefactoren een schatting van het drooggewicht gemaakt (Hagmeier, 1961). Dit gebeurde omdat bij een mengsel van natuurlijk fytoplankton de meeste diatomeën en fytoflagellaten openbarsten door plasmolyse wanneer de zouten uitgewassen worden door spoelen met aqua dest.

Quasi onafhankelijk van de temperatuur varieerde de gemiddelde wierproduktie tussen 0 à 1,5 g m⁻²d⁻¹ in de winter en 7 à 8 g m⁻²d⁻¹ in de zomer. Bij een insolatie waarde van ± 200 J.cm⁻²d⁻¹ (december) was de wierproduktie 0 bij opwarmen van de kultuur tot ± 19°C ; bij veel lagere ambiante temperaturen werd daarentegen een geringe produktie van 0,3 g m⁻²d⁻¹ verkregen.

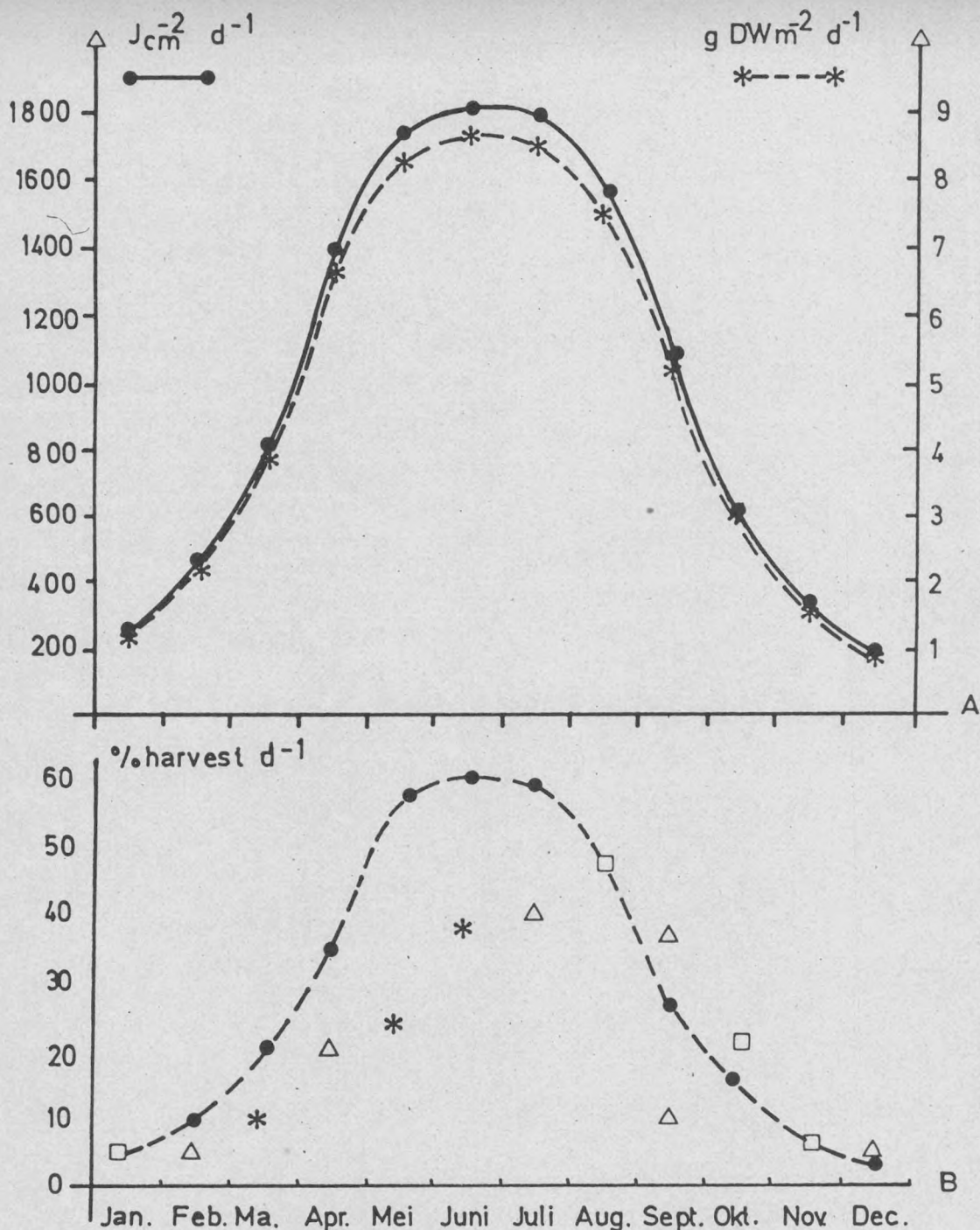
Een belangrijke doelstelling bij de experimenten uitgevoerd van november '78 tot en met oktober '79 was het streven naar die retentiewaarden waarbij een maximale wierproduktie (cf. Shelef et al., 1973) bekomen wordt. Hiertoe werden 2 kulturen (op mest) in parallel uitgevoerd met als stuurbare variabele de retentietijd die in het ene bekken telkens het dubbele gesteld werd van het andere.

Zoals uit tabel 4 blijkt waren er maanden met geringe verschillen in produkties in funktie van de retentietijd, en andere met grote verschillen (januari, juli tot oktober, 1979). De efficiëntie van de lichtconversie uitgaande van de insolutie ($\text{J cm}^{-2}\text{d}^{-1}$), de droge stof produktie ($\text{g D.S.m}^{-2}\text{d}^{-1}$) en een calorische inhoud van 230 Joules per gram D.S. (Komarek en Pribil, 1968) bedroeg, voor de beste produkties tijdens deze laatste signifikant van elkaar verschillende maanden, gemiddeld 1,1 %. Dit cijfer door ons berekend en geldend voor wierkweek op varkensmest wordt ook door Paelinck (1978) benaderend vooropgezet. Stellen we deze 1,1 % voorop als een streefwaarde die volgens onze bevindingen reëel haalbaar moet zijn bij een goede sturing, dan kan hieruit een prognose gemaakt worden voor de gemiddelde haalbare maandelijkse droge stof produktie in funktie van de insolutie.

Figuur 7A geeft de gemiddelde maandelijkse globale insolutie weer voor Oostende berekend over de voorbije 4 jaar ('76 → '79). Hierbij worden ook de gemiddelde D.S.-produkties gegeven uitgaande van een haalbare lichtefficiëntie van 1,1% bij optimale sturing. Tenslotte geeft figuur 7B een hypothetische kurve voor de dagelijkse oogstregimes die optimaal zouden zijn voor een efficiënte wiergroei. Deze werd berekend uit die oogstregimes waarbij een lichtefficiëntie van 1,1% bereikt of benaderd werd.

Uit deze grafiek volgt dus dat in de zomer bij oogstregimes van 50 à 60%, wierprodukties van 8 à 9 g. zouden te bereiken zijn, terwijl in de winter bij 5 à 10% oogst, 1 à 2 g droge stof te bekomen is. Ook in december, gekenmerkt door zeer lage insolutiewaarden ($<200 \text{ J. cm}^{-2}\text{d}^{-1}$) zou een opbrengst van $0,9 \text{ g m}^{-2}\text{d}^{-1}$ moeten mogelijk zijn bij een retentietijd van 27 dagen; hetgeen overeenstemt met een oogstpercentage van 3,7% per dag.

Aangestipt zij dat alle in tabel 1 opgegeven D.S.-produkties, ook de invloed van predatie door o.m. ciliaten of zoöflagellaten weerspiegelen. Het is weinig waarschijnlijk dat een openlucht kultuur van wieren steeds helemaal vrij zou blijven van



Figuur 7 A

Gemiddelde maandelijkse globale instraling te Oostende (1976-1979) en overeenkomstig haalbare droge stof productie bij een 1,1 % efficiëntie van lichtbenutting

Figuur 7 B

voor 1979 :

- : oogstpercentage waarbij de efficiëntie van lichtbenutting 1,1 % was
- △ : oogstpercentage waarbij de efficiëntie begrepen was tussen 0,5 en 1,1 %
- * : oogstpercentage waarbij de efficiëntie lager was dan 0,5 %
- : extrapolaties optimale oogstregimes

predatoren. Wanneer de cultuur "gezond" is, zal de predatie zelden de wierproductie domineren. Een factor voor licht-efficiëntie van gemiddeld 1,1% houdt dus wel rekening met een zekere predatie zij het in beperkte mate. Wordt de cultuur quasi leeggegraasd door protozoën dan haalt de berekende lichtefficiëntie benutting gemakkelijk tot 0,3%. Dit is een moeilijk te voorzien doch echter reële risico factor. De praktijk leert ons echter dat sterke predatie meestal geïnduceerd wordt door externe factoren zoals slechte waterkwaliteit of slechte sturing ! Soms is echter predatie een normaal fenomeen waarbij als gevolg van zich wijzigende klimatologische omstandigheden de fytoplankton populaties afsterven.

Voor de praktijk is het verloop van grafiek 7 zeer belangrijk omdat hieruit richtlijnen kunnen afgeleid worden voor de sturing van massakulturen van wieren in openluchtomstandigheden op onze breedtegraad (52°NB). In het kader van de uitbouw van een mollusken nursery waarbij steeds naar maximale en continue wierproducties moet gestreefd worden is dit zeker een noodzaak. We hopen de mogelijkheid te krijgen deze hypothese op grote schaal aan de praktijk te toetsen.

3.3.2.3. Invloed van de temperatuur op de speciessamenstelling

De semi-kontinue culturen van Chlorella in openlucht omstandigheden (cfr. Tabel 1) werden gedurende 5 maanden uitgevoerd met opwarming van de bekkens tot 18 à 25°C. In deze periode bleef Chlorella quasi 100% dominant zodat we mogen besluiten dat dit temperatuurgebied uitstekend is voor de bloei van dit groenwier. Bij dalen van de temperatuur tot 0 a 15°C werd die dominantie verdrongen door de nannoplankter Phaeodactylum tricornutum behorende tot de diatomeen.

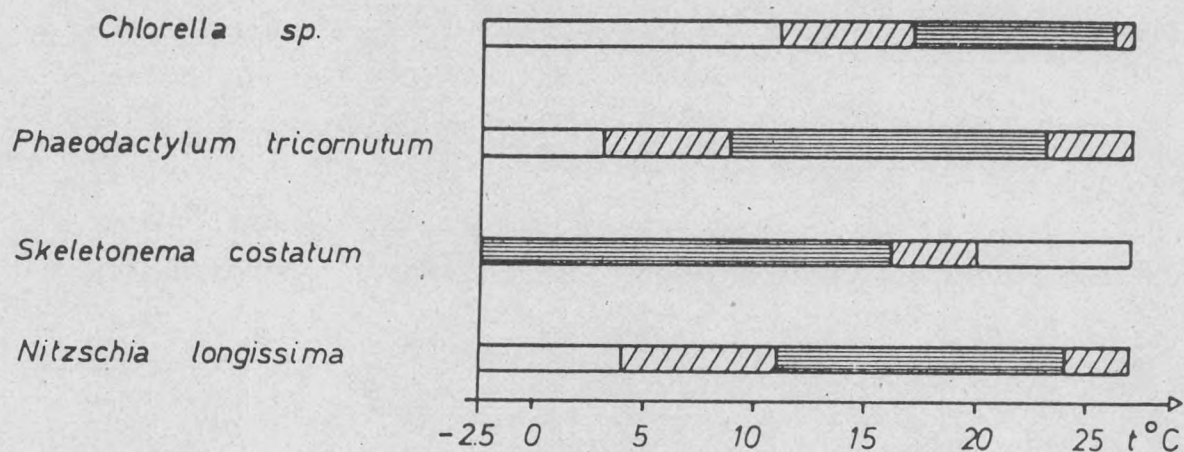
Belangrijk is dat bij opwarming van de cultuur tot $\pm 19^{\circ}\text{C}$ in december geen productie verkregen werd, terwijl bij veel lagere temperatuur dit wel mogelijk was.

We menen hieruit te kunnen besluiten dat niet de temperatuur maar wel het licht de bepalende ecologische faktor is voor de wiergroei. Dit wordt trouwens door verschillende auteurs bevestigd (Stengel et al., 1975; Goldman en Ryther, 1976; Goldman, 1977). Ook eigen metingen met zoetwatalgen tonen dit aan (De Pauw en De Leenheer, 1979). Deze auteurs stellen daarenboven dat de temperatuur wel de bepalende faktor is die de soortensamenstelling van het natuurlijk fytoplankton reguleert door temperatuurafhankelijke competitie. Deze hypothese werd door ons verder onderzocht door al dan niet opwarmen van parallelkulturen en door nauwgezet volgen van de speciessamenstelling in functie van de seizoenen (De Pauw, Verlet en De Leenheer, 1979).

Figuur 8 geeft een synthese van meer dan 2 jaar waarnemingen van natuurlijk fytoplanktonpopulaties in openluchtkulturen bij temperaturen variërend van -3°C tot $+ 27^{\circ}\text{C}$.




De meest dominerende soorten waren het groenwier Chlorella sp. en de kleine diatomeën Phaeodactylum tricornutum en Skeletonema costatum. De eerste soort was typisch voor de zomermaanden ($t > 17^{\circ}\text{C}$) terwijl de laatste eerder typisch was voor de winter ($t > 16^{\circ}\text{C}$). De grotere diatomee Nitzschia kwamen bijna het gehele jaar door voor in de wierkulturen. De mate waarin zij in de zomer kunnen domineren tegenover Chlorella blijkt bij temperaturen hoger dan 17°C voornamelijk Si-afhankelijk te zijn. Elke Si-tekort bevoordeelt sterk Chlorella ten aanzien van diatomeen die silicium nodig hebben voor de opbouw van hun skelet. Bij temperaturen die constant hoger zijn dan 22°C domineerde Chlorella altijd. Een domineren van chlorococcale groenwieren zoals Chlorella wordt daarnaast ook nog bevoordeeld door lange retentietijden en hoge fosfor concentratie (Dunstan en Tenore, 1974).

Naast deze 4 meest voorkomende soorten werden sedert het regelmatig toedienen van silicium aan de cultuur, diverse andere diatomeeën, zoals Thalassiosira sp., Amphipora sp., Lauderia sp.



Figuur 8

Synthese van het voorkomen en de dominantie van
wiersoorten in functie van de temperatuur (obser-
vaties in openluchtkulturen te Oostende tijdens
de periode juli '77 tot oktober '79).

-  optimale groei mogelijk
-  onstabiel gebied waar de wiersoort kan domineren
maar ook kan overgenomen worden door een meer
geschikte soort
-  verdwijnen van de soort

en Amphora sp. regelmatig waargenomen. Thalassiosira en Amphiprora waren vooral regelmatig aanwezig doch niet dominant. Temperaturen boven 23°C induceerden hun verdwijnen. Sedert Augustus 1979 werden voor het eerst ook Lauderia sp. en Amphora sp. opgemerkt. Beide zijn zeer grote diatomeën die qua aantal in geringe mate maar qua biomassa duidelijk alle andere wiersoorten konden domineren. Dit was voornamelijk het geval met Lauderia in de nazomer en de herfst (4 à 24°C) en in mindere mate met Amphora in de nazomer (10 à 25°C). Over hun eventueel voorkomen tijdens de winter hebben we nog geen informatie.

Afgaande op al deze resultaten kunnen we beamen dat de temperatuur de eerste faktor is die de speciessamenstelling bepaalt, maar dat de invloed van andere factoren zoals oogstregimes en Si-gehaltes ook zeker niet uit het oog mogen verloren worden. De mate waarin dit gebeurt dient zeker verder onderzocht. Opvallend is in elk geval dat tijdens het laatste onderzoekingsjaar waarbij steeds Silicium aan de cultuur werd toegevoegd en ook kortere retentietijden werden aangehouden, het voorkomen van Chlorella zeker teruggedrongen werd ten voordele van diverse diatomeën.

3.3.2.4. Invloed van turbulentie op de wiergroei

Het mechanisch in suspensie houden van wierkulturen heeft verschillende voordelen. Aldus worden thermische stratificatie, sedimentatie en anaërobiose op de bodem vermeden. Tevens wordt het contact tussen celwand en nutriënten bevorderd, kan het invallend licht efficiënt opgenomen worden en wordt terzelfdertijd de kans op fotoïnhibitie verkleind (Stengel, 1970; Ukeles, 1971; Soeder en Stengel, 1974; Oswald, 1977).

Verschillende systemen kunnen voor het mengen in aanmerking komen : lucht-water pompen, bellenbeluchting van op de bodem, paddelsystemen en centrifugaal pompen.

Tot nu toe werd door ons het effect van al dan niet, periodiek of konstant, beluchten enkel uitgetest met air-lift pompen, zowel met het niet motiele chlorococcale groenwier Chlorella als met natuurlijke fytoplanktonpopulaties in een aangerijkt milieu van zeewater.

De produkties waren gemiddeld 30% hoger met aëratie dan zonder. Aangezien elke menging een financiële inzet vergt, was het ook verantwoord na te gaan in hoeverre een partiële beluchting (30'wel - 30'niet) de wierproduktie beïnvloedde. Hieruit bleek dat de opbrengst bij diskontinue beluchting slechts 4% lager lag dan bij diskontinue, en 27% hoger dan bij niet-aërereren.

Anderzijds kan niet alleen door de tijd, maar ook door de intensiteit van het aërereren te variëren meer of minder CO₂ uit de lucht in de kultuur gebracht worden, wat zijn invloed heeft op de pH-stabilisatie. Op die wijze zou door een intense aëratie de kostelijke extra CO₂-toevoer onder gasvorm deels of volledig kunnen vermeden worden.

Het is echter een praktisch feit dat voor elk kweekstelsel afzonderlijk een optimaal mengregime moet gezocht worden dat een kompromis is tussen maximale wierproduktie en minimale kosten.

3.3.2.5. Predatiebestrijding in wierkulturen

Zoals reeds hoger vermeld kunnen wierkulturen gekweekt in open systemen op natuurlijk zeewater dat slechts gefiltreerd wordt met een filterzak over 5 à 10 µm niet vrijblijven van predatoren, meestal eencellige protozoën.

De mate waarin deze voorkomen is sterk afhankelijk van het type kultuur : een mono-kultuur kan op één nacht tijd volledig leeg geraasd worden, terwijl een mengkultuur wel sterk kan gepredateerd worden maar zelden volledig zal teniet gaan omdat er wiersoorten in voorkomen die door de predator niet opgenomen worden.

Een groenwier dat zeer veel problemen stelde in dit verband was Dunaliella. Gezien dit wier een uitstekend voedsel is voor Artemia werd herhaaldelijk gepoogd het in grote hoeveelheden te kweken in monokulturen. Meestal werden de kulturen binnen de week reeds gepredateerd door een specifieke ciliaat Euplotes ofwel door Monas-achtige zoöflagellaten.

Als eerste bestrijdingsmethode werd een verhogen van de saliniteit aangewend, wat kan vermits Dunaliella een hypersaliene soort is. Bij 60‰ S was er geen effect op de predatoren, terwijl bij 120‰ S er een volledige eliminatie optrad na 1 dag. Na 2 tot 3 weken trad echter gewenning op van de ciliaten aan deze hoge saliniteit zodat noodgedwongen diende overgeschakeld op een chemische bestrijding.

Het eerste uitgeteste produkt was formol, toegepast in concentraties van 5 tot 15 d.p.m. Ook hier trad blijkbaar gewenning op van de predatoren zodat de concentraties diende verhoogd te worden wat echter een sterk negatief effect had op de wiergroei zelf. Andere chemicaliën die, afgaande op schaarse literatuurgegevens, konden in aanmerking komen waren allylalkohol, methyleenblauw, kaliumpermangnaat, malachietgroen, allethrine en cetavlon. In eerste instantie werd de akute toxiciteit van deze produkten op de wieren zelf, en pas later op de predatoren, meer specifiek op Euplotes, uitgetest. Alleen methyleenblauw en malachietgroen werden weerhouden voor uitgebreide testen in semi-kontinue kulturen, dus in praktijkomstandigheden. Het gebruik van enkele methyleenblauw bij 30‰ S gaf geen volledige eliminatie terwijl alleen malachietgroen na een tiental dagen resistentie van de ciliaten teweegbracht. Geopteerd werd voor een afwisselende bestrijding met de 2 produkten bij een iets verhoogde saliniteit van 60‰ S. Behandeling met 1 mg l⁻¹ malachietgroen en 2 mg l⁻¹ methyleenblauw, elk één maal per week toegepast in functie van de hoeveelheid oogst gaf uitstekende resultaten waarbij de kultuur meer dan 2 maand probleemloos kan onderhouden worden.

In de kulturen met natuurlijk fytoplankton stelde het probleem zich nooit zo akueel, alhoewel de kans op ernstige

predatie altijd potentieel aanwezig bleef en de maximaal nagestreefde produktie hierdoor soms sterk gedrukt werd. De praktijk leerde ons, dat in dergelijke gevallen zeker niet mag gestopt worden met oogsten van kultuur waar dat integendeel het oogstregime sterk verhoogd dient te worden, zodat de retentietijd korter wordt dan de verdubbelingstijd van de predatoren. Hierdoor worden deze als het ware "uitgespoeld" en dus geëlimineerd. Men dient er echter wel voor te zorgen dat ook de wieren niet uitgespoeld worden. Aldus hebben we de totale ineensstorting van de gemengde kulturen dikwijls kunnen vermijden !

De beste preventie echter om predatie zoveel mogelijk te vermijden is een optimale sturing, zodat de wieren in ideale omstandigheden verkeren waarbij ze het best bestand zijn tegen predatiedruk.



Overzicht van de 4 kweekbassins voor
eencellige wieren van elk 90 m^3 met
elk een verschillend cirkulatiesysteem
te Oostende.

3.4. BIBLIOGRAFIE

Chiaudani, G. and M. Vighi - 1974

The N.P. ratio and tests with Selenastrum to predict eutrophication in lakes.

Water Res., 8, 1063-1069.

De Pauw, N. and De Leenheer, L. 1979.

Mass culturing of marine and freshwater algae on aerated swime manure, in Proc. Conf. "Cultivation of fish fry and its live food", Szymbark (Poland).

European Mariculture Society, Special Public. n° 4, in press.

De Pauw, N., Bruggeman, E. and Persoone G. - 1978.

Research on the tertiary treatment of swime manure by mass culturing of algae.

Mitt. Intern. Verein. Limnol. 21. 490-506.

De Pauw, N., Verlet, H. and De Leenheer, L. - 1979.

Heated and unheated outdoor cultures of marine algae with animal manure, paper presented at the "First International Symposium on production and use of microalgae biomass".

Acre, Israël, September 1978.

Dunstan, W.M. and K.R. Tenore - 1974

Control of species composition in enriched mass cultures of natural phytoplankton populations.

J. Appl. Ecol., 11, 529-536.

Gates, W.E. and Borchardt, J.A. - 1964

Nitrogen and phosphorus extraction from domestic wastewater treatment plant effluents by controlled algal culture

J. Wat. Pollut. contr. Fed., 36, 443-462.

Goldman, J.C. and Ryther, J.H., - 1976

Temperature influenced species.

Competition in mass culture of marine phytoplankton.

Biotechn. Bioengin., 18, 1125-1144.

Goldman, J.C. - 1977.

Biomass production in mass cultures of marine phytoplankton at varying temperatures.

J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 27, 161-169.

- Hagmeier E. - 1961
Plankton-Äquivalente
Kieler Meeresforsch. 17 (1) : 32-47.
- Komarek, J. and Pribil, S., 1968.
Heat of combustion in the biomass of the alga Scenedesmus quadricauda during its ontogenetic cycle.
Nature, 219, 635-636.
- Oswald, W.J., - 1977.
Determinants of feasibility in bioconversion of solar energy, in Research in Photobiology.
A. Castellani (editor), Plenum Publ. Corp., New York, pp. 371-383.
- Oswald, W.J. and Benemann, J.R. - 1977.
A critical analysis of bioconversion with microalgae, in Biological Solar Energy Conversion,
A. Mitsui et al. (editors), Academic Press, New York, pp. 379-396.
- Paelinck, H. - 1978.
Groei en nutriëntenopname van het groenwier Scenedesmus acutus, Meyen, met betrekking tot de tertiaire zuivering van afvalwater,
Ph. D. Thesis, State Univ. of Ghent, Belgium, p. 152.
- Paelinck, H.R. and J. De Maeseneer - 1976
Optimization of P- and N-uptake by Scenedesmus 276-3a.
In : G.C. Vansteenkiste "System Simulation in water resources".
North-Holland Publ. Comp., p. 371-380.
- Persoone, G. and Sorgeloos, P. - 1975.
Technological improvements for the cultivation of invertebrates as food for fishes and crustaceans.
I. Devices and Methods, Aquaculture, 6, 176-181.
- Persoone, G., Morales, J., Verlet, H. and De Pauw, N. - 1979.
Air-lift pumps and the effect of mixing on algal growth, in International Conference on the Production and Use of Microalgae Biomass, Acre, Israël, September 1978, in press.
- Rhee G.Y. - 1974.
Phosphate uptake under nitrate limitation by Scenedesmus sp. and its ecological implicants.
J. Phycol. 10 : 470-475.
- Schumacher, G.J. and Whitford, L.A., 1965.
Respiration and P-32 uptake in various species of freshwater algae as affected by current,
J. Phycol., 1, 78-80.
- Shelef, G., M. Schwarz and H. Schechter - 1973
Prediction of photosynthetic biomass production, in accelerated algalbacterial waste-water treatment systems.
In : S.H.Jenkins (ed) "Proc. 6th Int. Conf. Wat. Pollut. Res.", Pergamon Press, New York, p. 181-190

Soeder, C.J. - 1976.

The technical production of microalgae and its prospects in marine aquaculture, in Harvesting polluted waters, O. Devik (editor), Plenum Press, New York, pp. 11-26.

Soeder, C. and Stengel, F., 1974.

Physico-chemical factors affecting metabolism and growth rate, in Algal Physiocology and Biochemistry, W.D.P. Stewart (editor), Blackwell Publ., London, pp. 714-740.

Sorgeloos, P., Persoone, G., De Winter, F., Bossuyt, E and De Pauw, N., - 1977.

Air-water pumps as cheap and convenient tools for high density culturing of microscopic algae, in Proc. Eight Annual Meeting World Mariculture Society, Mouisiana State University, Division of Continuing Education, Baton Rouge, Louisiana, pp. 173-183.

Stengel, E., - 1970.

Anlagentypen und Verfahren der technischen Algenmassenproductonen, Ber. Dtsch. Bot. Ges., 83, 589-606.

Stengel, E., and C.J. Soeder - 1975.

Control of photosynthetic production in aquatic ecosystems.

In : J.P. Cooper (ed,) "Photosynthesis and Productivity in different Environments", Can. Fish. Res. Bd. Bull., 167, 1-311.

Syreth, P.J. and Morris, I., - 1963.

The inhibition of nitrate assimilation by ammonium in Chlorella, Biochim. Biophys. Acta, 67, 566-575.

Ukeles, R., - 1971.

Nutritional reauirements in shellfish culture, in Proceedings of the Conference on Artificial Propagation of Commercially valuable Shellfish-Oysters, College of Marine Studies, University of Delaware, Newark, pp. 43-64.

Vollenweider R.A. - 1971.

Scientific fundamentals of the eutrofication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication.

O.E.C.D. report, 8764 : 59 p.

Walne, P.R., 1956.

Experimental rearing of the larvae of *Ostrea edulis* L. in the laboratory, Fishery Invest. London, ser. 2, 20 (9).

4. DE Kweek VAN DAPHNIA

4.1. OBJECTIEVEN

De kweek van watervlooien zoals Daphnia magna, is van belang in de aquakultuur, als levend voedsel voor andere konsumenten zoals vissen en larven van vissen, en ook als een gedroogd proteïnerijk produkt (meer dan 50 % proteïnegehalte) voor het voeden van aquariumvissen.

In de loop van de drie onderzoeksjaren werden volgende objectieven onderzocht :

1. de bruikbaarheid van verschillende types bio-degradeerbare afval als voedsel voor Daphnia magna, hetzij rechtstreeks vervoederd, hetzij na transformatie via algen ; testen werden uitgevoerd met varkensmest als type van dierlijke mest, en met rijstekaf, sojapellen en lactoserum als types van afval afkomstig van de landbouwindustriën ; ook combinaties van afval worden thans bestudeerd.
2. het op punt stellen van standaard diëten bestaande uit verschillende types afval voor het bekomen van een maximale produktie.
3. de invloed van fysico-chemische factoren zoals temperatuur, ammoniumgehalte en waterkwaliteit (verversing van het kweekmilieu) op de reproductie en groei van Daphnia.
4. in aansluiting hiermee, de mogelijkheid om door temperatuurverhoging ter simulatie van het gebruik van thermische effluenten, ook tijdens de winterperiode tot een hogere produktie te komen.
5. het vinden van efficiënte eenvoudige kweektechnologiën.

4.2. METHODIEK

Het onderzoek verliep in twee fasen :

1. voorbereidende experimenten op kleine schaal in 10 liter aquaria, voorzien van een eenvoudig beluchtingssysteem.
2. experimenten op pilotschaal. Te Beernem werd een 3 m³ rechthoekig betonnen bekken bekleed met PVC-folie en voorzien van een luchtdoorborrelingssysteem voor de menging van de Daphnia-kultuur. Tevens werd een dompel verwarmers in het bekken geplaatst zodat de temperatuur permanent op 20°C kan gehouden worden, onafhankelijk van het seizoen. Bij deze temperaturen is de groeisnelheid van Daphnia namelijk maximaal.
Ten einde een te sterke afkoeling van het water in de tank te vermijden (vooral tijdens de winterperiode) werd een tank bovenaan voorzien van transparante plastic-platen.

4.3. RESULTATEN EN BESPREKING

4.3.1. Experimenten met varkensmest en algen

In het laboratorium werden in de eerste plaats experimenten uitgevoerd om de groei van Daphnia te bestuderen op een gemengd dieet van verdunde varkensmest en ééncellige algen gegroeid op diezelfde varkensmest. In parallel werd de groei van Daphnia uitgetest op varkensmest als enig voedingssubstraat.

Een eerste bevinding was dat watervlooien kunnen gekweekt worden op een dieet van enkel varkensmest zonder tussenkomst van algen. Dit betekent dat mits opwarming van het water ook tijdens de koudere periode van het jaar (wanneer de instraling en dus de wierproduktie gering is), de daphnia-kweek kan verder gezet worden met varkensmest in concentraties van 1 tot 4 % per week.

Fig. 9 geeft de groei weer van D. magna in verschillende concentraties mest, al dan niet met verversing van het milieu. Met 1 à 4 % mest worden populatiedichtheden bereikt van 500 tot 100 individuen per liter na 2 tot 3 weken. Daarnaast werd nagegaan in welke mate het milieu waarin de Daphnia's leven moet ververst worden in functie van de verschillende concentraties mest die als voedsel worden toegediend. Hierbij werden uitgetest : dagelijkse verversingen van 0, 10, 25 en 50 % van het medium, alsook toevoegen van 0.01, 0.05 ; 0.1 ; 0.2, 0.5 en 1 % beluchte varkensmest.

De invloed van licht op de groei werd hierbij tevens onderzocht. In het ene geval werden de aquaria voor een licht-paneel geplaatst (3 TL lampen) met een lichtcyclus van 16 u licht, 8 u donker, in het andere geval werden de aquaria in het halfduister geplaatst zonder directe verlichting. De kweektemperatuur bedroeg nagenoeg 22°C.

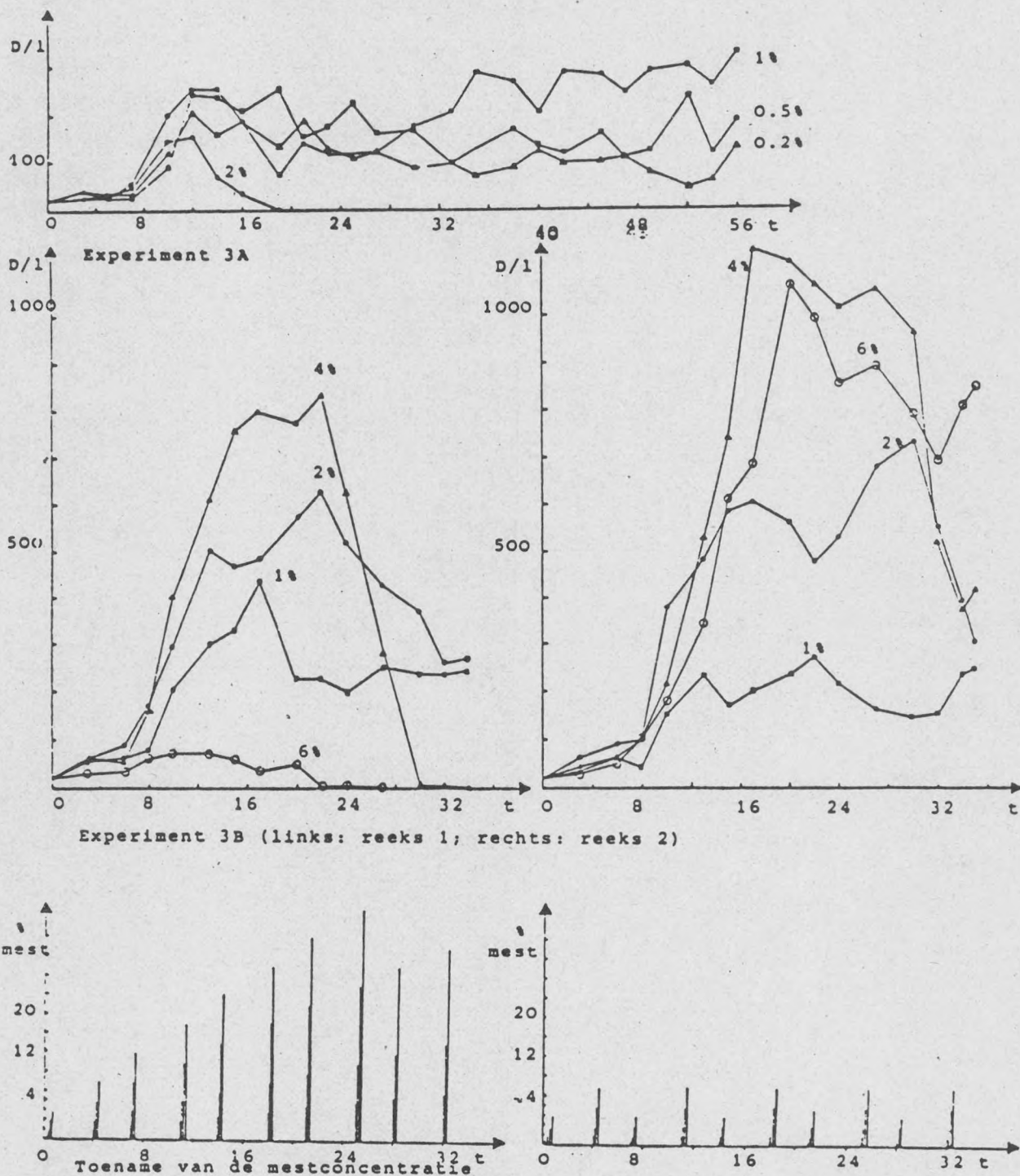
De beste resultaten werden bekomen met een startconcentratie van 1 % mest, een dagelijkse verversing van het medium van 10 % en een dagelijkse dosis van 0.1 % beluchte varkensmest.

Een geleidelijk opdrijven van de mestconcentratie is niet noodzakelijk, op voorwaarde dat de startconcentratie niet te hoog is (toxisch effect) en de Daphnia's aangepast zijn aan dit soort voedsel.

Er werd ook vastgesteld dat om een Daphnia-kultuur snel te laten toenemen in biomassa, men best de proeven start met organismen groter dan 1250 μm , tzt adulte watervlooien die reeds larven produceren.

Invloed van licht en pH op de groei van Daphnia-populaties

Een vergelijking van de resultaten met en zonder directe verlichting, toont weinig verschil aan tussen de groeikurven.



Figuur 9

Evolutie van *Daphnia* populaties bij verschillende mestconcentraties.

Exp. 3A : evolutie in 0.2, 0.5 en 1 % mest

Exp. 3B : evolutie in 1.2, 4 en 6 % mest

reeks 1 zonder verversing van het medium,

reeks 2 met wekelijkse verversing van het medium.

Directe belichting zou slechts betere resultaten geven in geval van onvoldoende mesttoevoer, doordat de zich in het licht ontwikkelde wieren, als aanvullend voedsel kunnen gebruikt worden. Dit wordt bevestigd door vergelijkende proeven met mest en mest plus wieren zoals Scenedesmus en Chlorella. (cf. Fig 10)

In batch kultuur experimenten bij 20°C met een dosis mest van 1 % per week, en de aanwezigheid van ééncellige en filamenteuze wieren, werden populatiedensiteiten bereikt van nagenoeg 3000 individuen/L na drie weken tov 1000 ind/l op mest alleen. Te sterke wierontwikkeling heeft echter als nadeel dat de pH te hoog oploopt wat het kweekmedium ongeschikt maakt voor de Daphnia's. pH's van meer dan 9 zijn zeker ongunstig voor Daphnia.

Daphnia-kweek op niet beluchte varkensmest

Naast het kweken van Daphnia's op beluchte (=gedeeltelijk gemineraliseerde) varkensmest werd ook gepoogd om de watervlooiën op niet beluchte mest te kweken.

De eerste resultaten laten uitschijnen dat een mestdosis van 0.5 % per week met een verversing van 10 % van het medium per dag produkties opleveren van dezelfde grootte orde als deze bekomen op beluchte varkensmest.

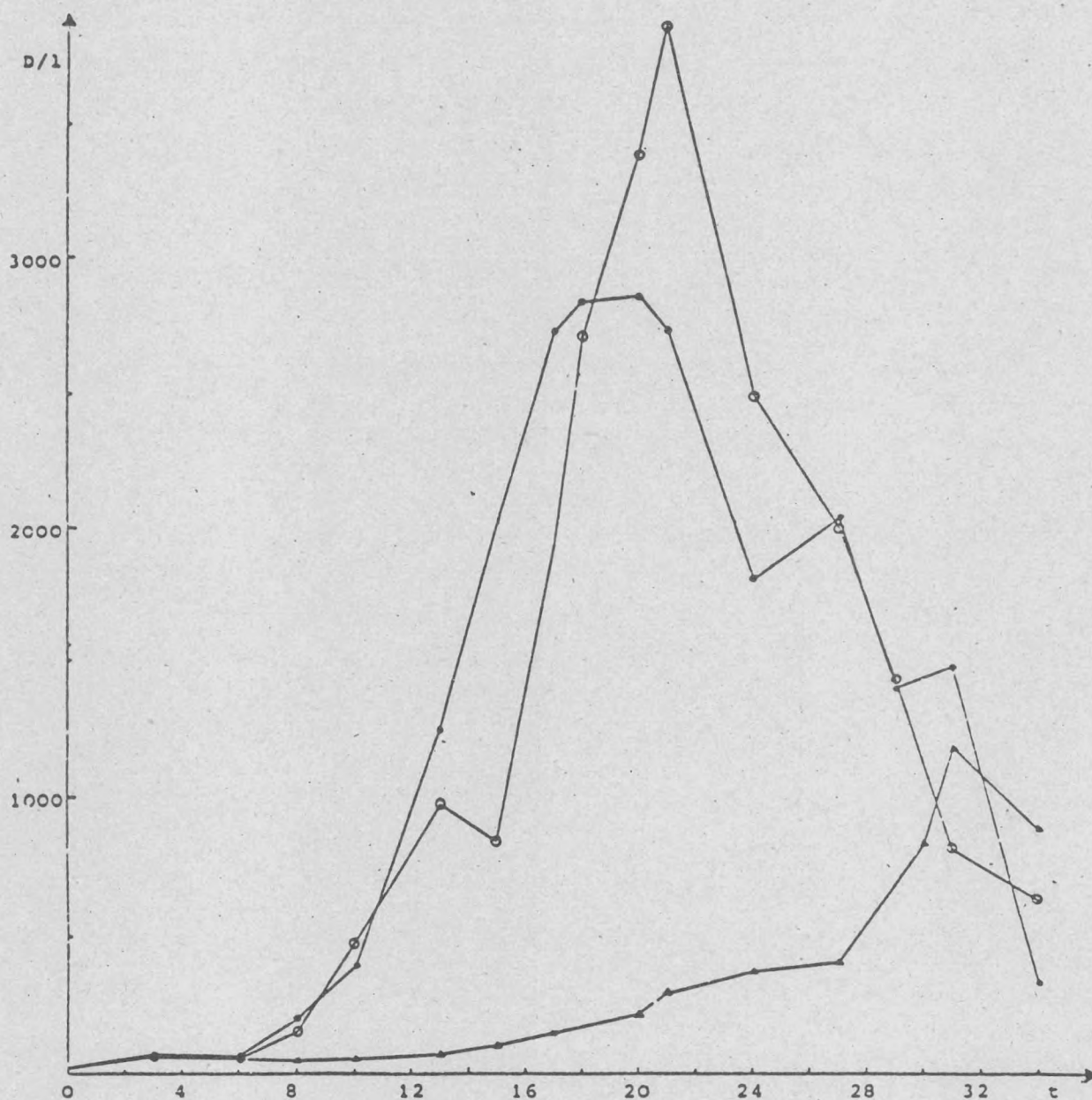
Toxiciteit nitriet, ammonium, fosfaat

Aan de hand van toxiciteitstesten wordt thans onderzocht in welke mate nitriet, ammonium en fosfaat toxisch zijn voor de Daphniden. Vermits deze stoffen soms in grote mate aanwezig zijn in de kultuurvloeistof.

Van nitriet weten we reeds dat het schadelijk inwerkt op de reproductie en de overleving van Daphnia bij concentraties vanaf 10 mg NO₂-N L⁻¹.

Daphnia-kweek met algen gegroeid op varkensmest

Op iets grotere schaal (160 liter kultuur) werd een aanvang gemaakt met het onderhouden en sturen van een semi-kontinue



Figuur 10

Populatiegroei van Daphnia magna in een gekombineerd voedingsmedium van algen en mest.

- o: Scenedesmus en 1 % mest
- : Chlorella en 1 % mest
- ▲: 1 % mest

Daphnia produktie-eenheid. Als voedsel werden algen gebruikt gekweekt op niet-beluchte varkensmest. De wierkultuur werd 3 maal per week geoogst en na aanlengen met vers leidingswater werd 1 % niet-beluchte varkensmest toegevoegd.

De wiersuspensie zelf werd vervoederd aan de Daphnia's à rato van 7 liter ($\text{conc. } 1.3 \times 10^6 \text{ cellen l}^{-1}$) per dag. Door trial and error werd gepoogd om het voedingsregime en het oogstritme der Daphnia's zo aan te passen dat een maximale opbrengst bekomen wordt. Momenteel ken 40 % van de adulten per week geoogst worden. Het medium zelf werd voor 10 % per dag ververscht opdat geen accumulatie aan metabolieten of toxische stoffen zou optreden.

Bij 20°C werd een opbrengst van 100 g natgewicht per week per m^3 bekomen.

Kweek-experimenten met varkensmest op pilotschaal

Daarnaast werden op pilotschaal te Beernem in een 3 m^3 kweektank verschillende experimenten uitgevoerd. Bij een konstante temperatuur van 20°C werd de groei en ontwikkeling van een Daphnia populatie op een dieet van beluchte varkensmest gevolgd. Elk experiment nam ongeveer 3 à 4 weken in beslag.

Toevoegen van 1 % beluchte varkensmest per week gaf tot nog toe de beste resultaten. De opbrengsten, behaald in deze batch kulturen, varieerden tussen nagenoeg 100 en 400 g (natgewicht) $\text{m}^{-3} \text{wk}^{-1}$.

Stockkultures

De dieren nodig voor het opstarten van onze experimenten zijn afkomstig uit een kweekbekken waarin de stocks onderhouden worden, uitsluitend op basis van varkensmest waarop zich echter ook algen ontwikkelen. Als voedselgift wordt ongeveer 10 liter varkensmest per 2 m^3 per week toegediend.

Het kweekbekken is een ondiepe raceway van ongeveer 3 tot 4 m^3 inhoud, uitgerust met een paddelsysteem om het water in

beweging te houden. De mengtijd is beperkt tot 5 minuten per half uur wat bevredigende resultaten blijkt te geven. Inderdaad, sinds 3 jaar, is de destijds uit de natuur geïnoculeerde Daphnia-kultuur vitaal gebleven.

4.3.2. Experimenten met afval van de voedingsindustrie (landbouwafval)

Naast het gebruik van varkensmest, werd zoals reeds hoger vermeld, tijdens het laatste onderzoeksjaar een aanvang gemaakt met het uittesten van andere types bio-industriële afval zoals rijstekaf, sojapellen en lactoserum.

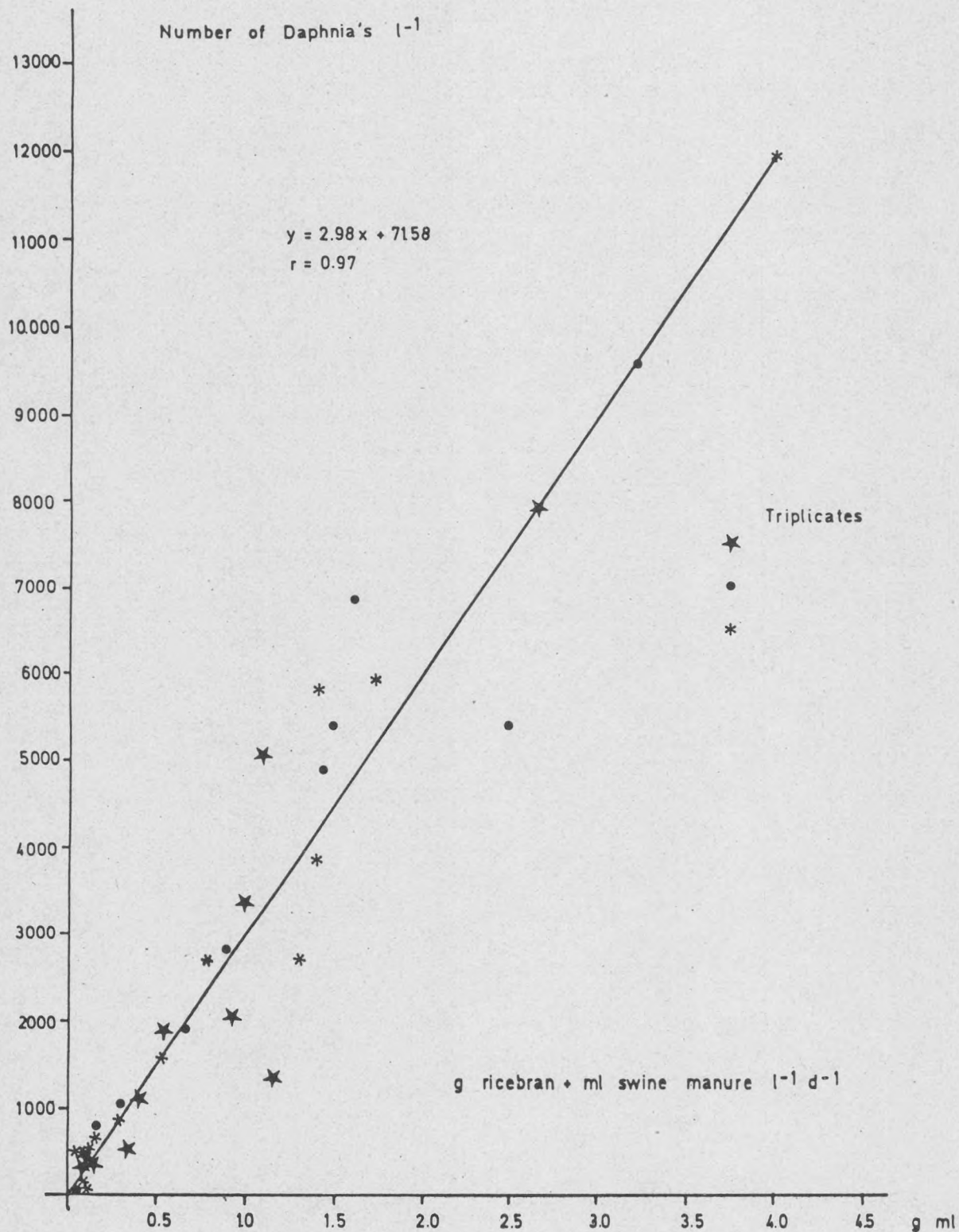
Meer specifiek zijn volgende problemen thans ter studie :

1. Het optimaliseren van de relatie tussen de concentratie van verschillende types afval toegediend hetzij afzonderlijk, hetzij in combinatie, en de densiteit van de *Daphnia* populatie.
2. Het mogelijke positieve effect van een voorafgaande incubatie van het voedsel tzt na ontwikkeling van bacteriën op het substraat alvorens het toe te dienen aan de *Daphnia*'s.
3. Het verwijderen van de sedimenteerde stoffen zoals faeces, pseudofaeces, dode individuen en "moults" uit het kweekstelsel die een giftige anoxische toestand op de bodem zouden kunnen veroorzaken.

Het beste resultaat werd tot op heden bekomen met een mengsel van rijstekaf en geaëreerde varkensmest.

Densiteiten tot 12000 individuen/l werden waargenomen. Voor dit type afval kon een eerste benaderende grafische relatie opgesteld worden tussen het aantal individuen en de noodzakelijke voedselgift. (cfr. Fig. 11)

Of deze relatie werkelijk lineair is zoals de grafiek laat blijken moet verder onderzocht.



Figuur 11

Relatie tussen de toename van de populatiedichtheid van *Daphnia magna* en de nodige hoeveelheid voedsel (hier een mengsel van rijstekaf en varkensmest)

5. DE Kweek VAN SCHELPDIEREN

5.1. OBJECTIEVEN

De moderne oesterkweek is sedert enkele jaren niet langer alleen afhankelijk van de natuurlijke broedopvang van oesters, zoals deze op traditonale wijze nog op grote schaal gebeurt. Industriële oesterzaadkwekerijen werden ingeschakeld voor de toelevering van de miljoenen postlarvale oestertjes (± 3 mm nodig om te beantwoorden aan de huidige vraag van de oesterkwekers:

Deze zeer jonge postlarven uit de kwekerijen vragen, in tegenstelling tot het oesterzaad opgevangen op kollektoren in de natuur, door hun kleine afmetingen een biezondere kweektechnologie en zorg. De oesterkwekers zelf zijn niet dikwijls bereid zich met dit probleem bezig te houden, terwijl de industriële oesterzaadkwekerijen of 'hatcheries', tegen de zeer hoge exploitatiekosten, het spat slechts een minimum van tijd willen stockeren (Persoone en Claus, 1978).

Het objectief van dit onderzoek was nu juist de kweek van artificieel gewonnen schelpdierbroed, in deze overgangsfaze van ± 3 mm tot ± 1 cm, te bestuderen en te optimaliseren. Voor deze zogenaamde 'nursery'-kweek zou gebruik gemaakt worden van "verloren energieën", meer bepaald thermische effluenten en bio-industriële afvalstoffen (Claus et al, 1980).

Volgende aspecten hierin worden nader belicht .

1. De verschillende parameters (biologische en technologische) die de groei en de overleving van de post-larvale mollusken bepalen : Stockeringsdensiteit van de schelpdieren, doorstromingssnelheid, temperatuur en cirkulatie van het water, voedselgehalte van het water, enz... + de interacties tussen verscheidene van deze factoren.

2. De voedselopname in relatie tot de aanbreng van voedsel en de proefomstandigheden.
3. De bruikbaarheid van wieren gekweekt op varkensmest als extra-voedselinbreng in de mollusken-nursery. Door de massakweek van mikroskopische algen werden de gemineraliseerde componenten van het varkensmest omgezet in plantaardige eiwitten die dan door de mollusken in dierlijke eiwitten kunnen worden omgezet. De relatie tussen de soortensamenstelling van de wierkulturen en de groei van de bivalven werd nagegaan. Het varkensmest werd ook rechtstreeks aan de schelpdieren toegediend.
4. De bruikbaarheid van rijstvoerschroot, een afvalprodukt van de rijstproduktie, als voedingsbron voor juveniele bivalven. Met het gebruik van rijstvoerschroot (ontvette gemalen rijstekaf) als voedsel voor juveniele bivalven, werd beoogd dit laag-proteinhoudende residu om te zetten in akwatische organismen met een hoog eiwit-gehalte. Tevens maakt deze techniek de intermediaire wierkweek als voedingsbron voor mollusken, volledig of althans gedeeltelijk overbodig.
5. In relatie tot schaalvergroting, het opsporen van de combinatie van proefomstandigheden die op grote schaal doenbaar (praktisch en financieel) lijken en bovendien de maximale opbrengst aan schelpdieren per tijdseenheid opleveren.

5.2. METHODOLOGIE

Naargelang de parameter die werd bestudeerd, varieerde de inhoud van de kweekbakken tussen 35 l en 2 l. De stockeringsdensiteit van de schelpdieren was steeds begrepen tussen 1 en 4 g/l. Als algemeen principe gold dat het een open systeem met kontinuë waterdoorstroming betrof, waarbij het vers opgepompte zeewater een retentietijd in de bakken had van 1 tot 4 uur.

De kleinschalige proeven werden verricht in akwaria met luchtwaterpompjes voor de aeratie en de cirkulatie van het water. De grootschaliger proeven werden meestal verricht in een "up-flow"-systeem waarin een opwaartse waterstroming doorheen de schelpdierkulturen er moet voor zorgen dat er geen faeces of pseudofaeces kunnen akkumulieren ter hoogte van, of beneden de dicht gestapelde schelpdieren (zie figuur 1).

Het merendeel van dit onderzoek gebeurde in de laboratoria van het I.Z.W.O. (Instituut voor Zeewetenschappelijk Onderzoek), waar in het jaar 1978 een eerste kleine pilootinstallatie voor 'nursery'-kweek van bivalven werd gebouwd. Deze installatie omvat een pompeenheid die automatisch zeewater rijk aan fytoplankton (voedsel voor bivalven) in een voorraadtank pompt waar het opgewarmd wordt en van waaruit de kweekbakken met de jonge molusken worden bediend. (zie figuur 2 en ook semestrieel rapport, maart 1978).

In de eerste fase van dit programma werd nog geen aandacht geschonken aan de technologie van het herbenutten van verloren warmte-energie, maar werd door rechtstreekse opwarming van het water, enkel de invloed op de bivalven nagegaan van een temperatuursverhoging van het kweekmedium in verschillende omstandigheden.

5.3. PLANNING

Het biologisch en technisch onderzoek op de gecontroleerde kweek van post-larvale schelpdieren werd systematisch ontwikkeld :

In een eerste stadium werden proeven verricht zonder extra voedseladditie. Hierbij werd door wijzigingen in de doorstroomsnelheid van het water en de stockeringsdensiteit van de schelpdieren (mosselen, oesters, tapijtschelpen) de periode van het jaar, en met of zonder opwarming van het water.

In een tweede stadium werden kleinschalige vervoederingsproeven gedaan, waarbij verschillende mono-specifieke wierkulturen, gemengde wierkulturen op basis van agrarische meststoffen en op basis van vloeibaar varkensseffluent, en het varkensseffluent zelf, met elkaar werden vergeleken voor wat betreft hun voedingswaarde voor jonge mosselen, oesters en tapijtschelpen.

In een derde stadium werden proeven aangevat met rijstvoerschroot als voedingsbron voor schelpdieren.

Al deze experimenten leidden tot het laatste stadium in deze eerste fase van dit programma, nl de konstruktie van een grote pilootinstallatie voor de gekombineerde wier-schelpdierkweek aan de rand van de Spuikom te Oostende in het I.Z.W.O. (figuur 3 zie ook rapport : voorstel tot konstruktie van piloot-installatie, 1979). Deze installatie biedt de mogelijkheid om alle facetten van de hoger vermelde stadia in ons onderzoek, nl opwarming en doorstroomsnelheid van het water, stockeringsdensiteit van de bivalven, vervoeding met wieren en met rijstvoerschroot recycling van het kweekwater, enz..., op grote schaal uit te testen, en er terzelfdertijd een kosten-baten-analyse te maken.

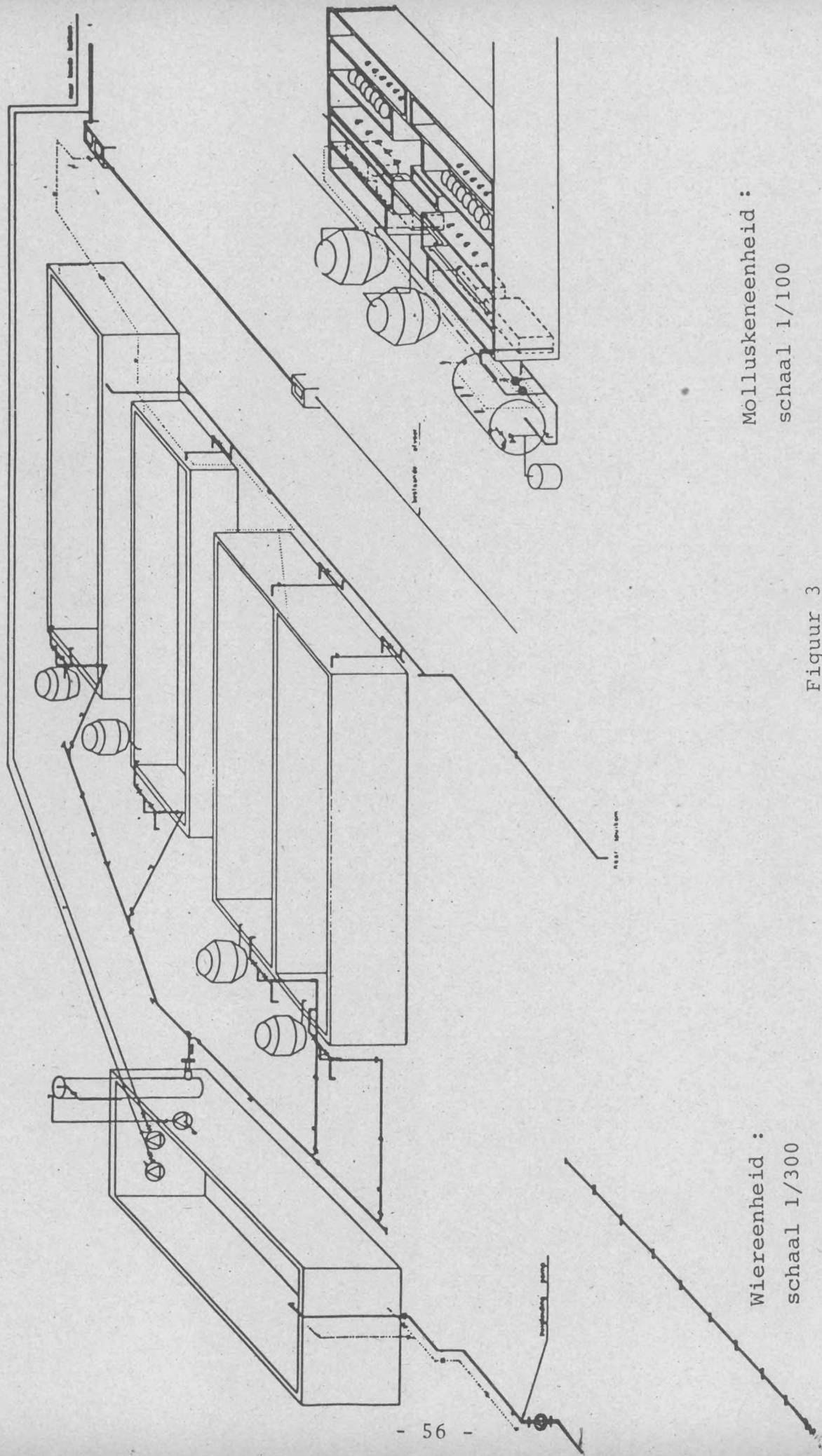
5.4. WETENSCHAPPELIJKE AKTIVITEITEN

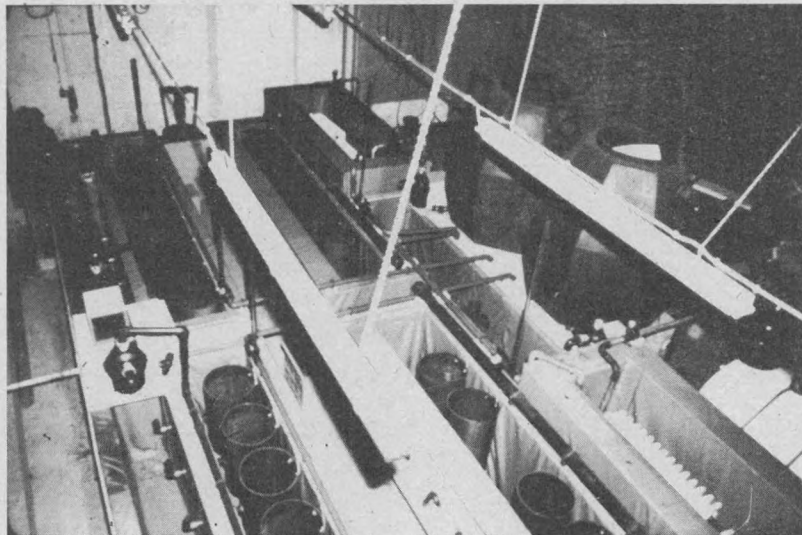
5.4.1. Groeiproeven met mosselen, oesters en tapijtschelpen basis van de natuurlijke rijkdom aan fytoplankton in het Spuikomwater, met opwarming van het zeewater.

Deze proeven werden allen uitgevoerd in de laboratoria van het I.Z.W.O. te Oostende in de pilootinstallatie beschreven in het semestrieel rapport van maart 1978 (figuur 2).

Eerste reeks

In een eerste reeks proeven werd de groei gevolgd van jonge mosselen (± 1 cm), oesters (3 en 11 mm) en tapijtschelpen (3 en 11 mm). De betrokken soorten zijn : Mytilus edulis, Ostrea edulis, Crassostrea gigas en Venerupis semiducussata. De proefdieren werden in 3 verschillende densiteiten in de 35 l kweekbakken uitgezet (1,2 en 4 g/l) bij 3 verschillende waterdoorstromingssnelheden (= 3 voedingsregimes : retentietijd 1, 2 en 4 uur), in totaal dus 9 combinaties. Het water werd opgewarmd tot $18^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Een 10de kweekbak diende als controle en bestond uit de middenste combinatie, maar met niet opgewarmd zeewater. (De temperatuur in deze bak steeg gedurende de duur van de proef van 8 naar 15°C). Als bijkomende controle werd een staal met schelpdieren rechtstreeks in de Spuikom opgehangen. De proef





Overzicht van de mollusken-nursery-
kweekinstallatie met 4 X 8 cylinders
met een totale capaciteit van 500.000
oesters van 2 - 3 mm.

verliep over een periode van 8 weken (voorjaar 1978) waarbij wekelijks het gehalte aan droge stof, organisch materiaal en chlorofyl in de kweekbakken werd bepaald. (zie tabellen 1 tot 4)

Deze proef leidde tot de volgende vaststellingen :

- Zowel de stockeringsdensiteit van de mollusken als de doorstromingssnelheid van het water in het systeem blijken een significant effect te hebben op de groeisnelheid van de jonge mollusken. De kleinste toename in schaallengte wordt vanzelfsprekend bekomen in de kweekbakken met het kleinste debiet en de grootste stockeringsdensiteit. Procentueel bedraagt de remming van de groei in de meest ongunstige omstandigheden tussen 70 en 30 % t.o.v. de snelste groei in 8 weken tijd.

- Het gunstig effect van deze gecontroleerde 'nursery'-kweek is steeds "voedsel-gelimiteerd". De voedsellimitatie kan reeds optreden in het geval er slechts 50 % van het aanwezige chlorofyl wordt verbruikt.

- Voor Mytilus edulis bleek reeds in het begin van de proefperiode het Spuikomwater voldoende rijk te zijn om bij hogere temperatuur (18°C t.o.v. 9°C) aan de voedselbehoeften van de mosselen te voldoen. Voor jonge oesters en tapijtschelpen werd door opwarming van het water geen duidelijke winst gemaakt t.o.v. de natuurlijke omstandigheden. Opdrijven van de doorstroomsnelheden en verminderen van de stockeringsdensiteit leverde wel betere resultaten op, doch deze verbetering is beperkt wegens het inhiberend effect dat een te groot waterdebiet kan hebben op de voedingsaktiviteit van de mollusken. Er dient evenwel rekening gehouden met een mogelijke aanpassingsperiode van het jonge oesterzaad.

- Algemeen werd er weinig rendementsverbetering vastgesteld bij een toename van de temperatuur van 15 tot 18°C.

- Een vaststelling van belang voor een eventuele exploitatie van een nursery aan de oevers van de Spuikom te Oostende, is de grote hoeveelheden slib die in sommige weersomstandigheden worden opgepompt (hoog asgehalte van het water). Dit slib bezinkt gedeeltelijk in de kweekinstallatie wat zowel technische als biologische problemen oplevert.

DEBIET (l/u)		Start		2 weken		4 weken		6 weken		8 weken						
1		35	17.5	8.75	35	17.5	8.75	35	17.5	8.75	35	17.5	8.75			
2		11.28	11.19	11.23	15.63	15.23	14.87	16.84	17.37	15.39	18.78	17.91	17.39	21.82	20.93	18.79
3		11.54	11.38	11.50	16.17	15.52	14.54	17.20	16.41	15.00	18.87	18.14	16.17	21.85	19.55	17.90
4		K=12.30			K=13.60			K=14.37			K=15.43			K=18.18		
5		11.83	11.16	11.60	14.80	14.24	13.76	16.25	15.22	14.55	18.42	15.98	15.20	20.71	17.85	17.07
6					4.35	4.04	3.64	5.56	6.18	4.16	7.50	6.72	6.16	10.54	9.74	7.56
7					4.63	4.14	3.04	5.66	5.03	3.50	7.33	6.76	4.67	10.31	8.17	6.40
8					K=1.30			K=2.07			K=3.13			K=5.36		
9					2.97	3.08	2.16	4.42	4.06	2.95	6.59	4.82	3.60	8.88	6.69	5.47
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																
31																
32																
33																
34																
35																
36																
37																
38																
39																
40																
41																
42																
43																
44																
45																
46																
47																
48																
49																
50																
51																
52																
53																
54																
55																
56																
57																
58																
59																
60																
61																
62																
63																
64																
65																
66																
67																
68																
69																
70																
71																
72																
73																
74																
75																
76																
77																
78																
79																
80																
81																
82																
83																
84																
85																
86																
87																
88																
89																
90																
91																
92																
93																
94																
95																
96																
97																
98																
99																
100																

K = controlebak (niet opgewarmd)

Tabel 1 : Gemiddelde schaalengte (mm) en gemiddelde kumulatieve toename in schaalengte van mosselbroed (Mytilus edulis) gekweekt onder "indoor" (nursery) omstandigheden

	Start (25/4/78)	4 weken	8 weken	10 weken
DEBIET (l/u)	35 17.5 8.75	35 17.5 8.75	35 17.5 8.75	
INDOOR (nursery) DENSITEIT (ind/l)	1 3.32 3.36 3.22	5.70 5.35 5.35	16.27 15.14 14.10	
	2 3.23 3.21 3.23 K=3.21	6.38 4.80 4.55 K=5.89	16.57 13.34 11.71 K=15.83	
	4 3.16 3.05 3.39	6.08 4.89 4.91	14.63 11.74 11.63	
OUTDOOR				
SPIUKOM		5.65		22.07
DEN HAAN	3.24	5.65	14.54	

K = controlebak (niet opgewarmd)

Tabel 2 : Gemiddelde schaallengte (mm) van broed van de Europese oester
(*Ostrea edulis*) gekweekt onder "indoor"(nursery) en "outdoor"
omstandigheden

	DEBIET (l/u)	START (25/4/78)	4 weken			8 weken			10/ weken			
			35	17.5	8.75	35	17.5	8.75				
Groter spat (11-12 mm)	INDOOR (nursery)	DENSITEIT (ind/l)	1	11.47	11.64	12.47	16.54	17.00	15.30	29.73	31.85	26.23
			2	11.29	12.02	12.09	15.70	16.65	14.58	30.40	32.47	22.73
				K=11.96			K=14.38			K=26.74		
		4	12.13	11.75	10.46	15.49	15.39	11.54	31.34	24.38	16.75	
	OUTDOOR	SPUIKOM				17.07						37.70
		DEN HAAN		11.73			18.36			30.40		
Zeer klein spat (3-4 mm)	INDOOR (nursery)	DENSITEIT (ind/l)	1	3.89	3.43	3.44	5.56	6.08	4.62	13.73	12.36	11.11
			2	3.58	3.54	3.53	7.55	5.48	4.97	14.87	12.90	8.99
				K=3.53			K=5.23			K=11.52		
		4	3.68	3.57	3.45	6.58	5.20	4.67	14.55	9.78	9.34	
	OUTDOOR	SPUIKOM				6.00						30.13
		DEN HAAN		3.24			5.65			14.54		

K = controlebak (niet opgewarmd)

Tabel 3 : Gemiddelde schaallengte (mm) van broed van japanse oesters (Crassostrea gigas) gekweekt onder "indoor" (nursery) en "outdoor" omstandigheden

START (25/4/78)				4 weken			8 weken			10 weken		
Zeer klein broed (2-3 mm)	INDOOR (nursery)	DENSITEIT (ind/l)	DEBIET (l/u)	35	17.5	8.75	35	17.5	8.75			
			1	2.60	2.76	2.86	3.44	3.62	3.22	8.38	6.62	6.02
			2	2.73	2.72	2.88	4.10	3.58	2.97	7.13	8.03	5.34
		4	2.80	2.70	2.84	3.61	3.12	2.91	7.86	6.23	4.47	
	OUTDOOR	SPUIKOM				3.50						
		DEN HAAN	2.76			3.48			5.36 (+ mortaliteit)			
Groter broed (5-6 mm)	INDOOR (nursery)	DENSITEIT (ind/l)	DEBIET (l/u)	35	17.5	8.75	35	17.5	8.75			
			1	5.16	5.27	5.15	6.44	6.04	6.17	11.54	9.67	9.10
			2	5.37	5.28	5.25	6.66	6.44	5.50	10.25	10.99	8.69
		4	5.44	5.23	5.29	6.20	6.13	5.34	10.53	9.66	7.73	
	OUTDOOR	SPUIKOM				6.07						
		DEN HAAN	5.26			6.39			Mortaliteit			
							10.45					

K = kontrolebak (niet opgewarmd)

Tabel 4 : Gemiddelde schaallengte (mm) van broed van de "clam" (*Venerupis semidecussata*) gekweekt onder "indoor" (nursery) en "outdoor" omstandigheden

Tweede reeks

In een tweede reeks proeven in de late zomer en herfst 1978, werden opnieuw jonge oesters (Ostrea edulis en Crassostrea gigas) en tapijtschelpen (Venerupis semidecussata) (3-4 mm) in verschillende densiteiten in dezelfde 35 l kweekbakken uitgezet. De watertemperatuur was dezelfde als in de buitenomstandigheden en varieerde tussen 21 en 15°C.

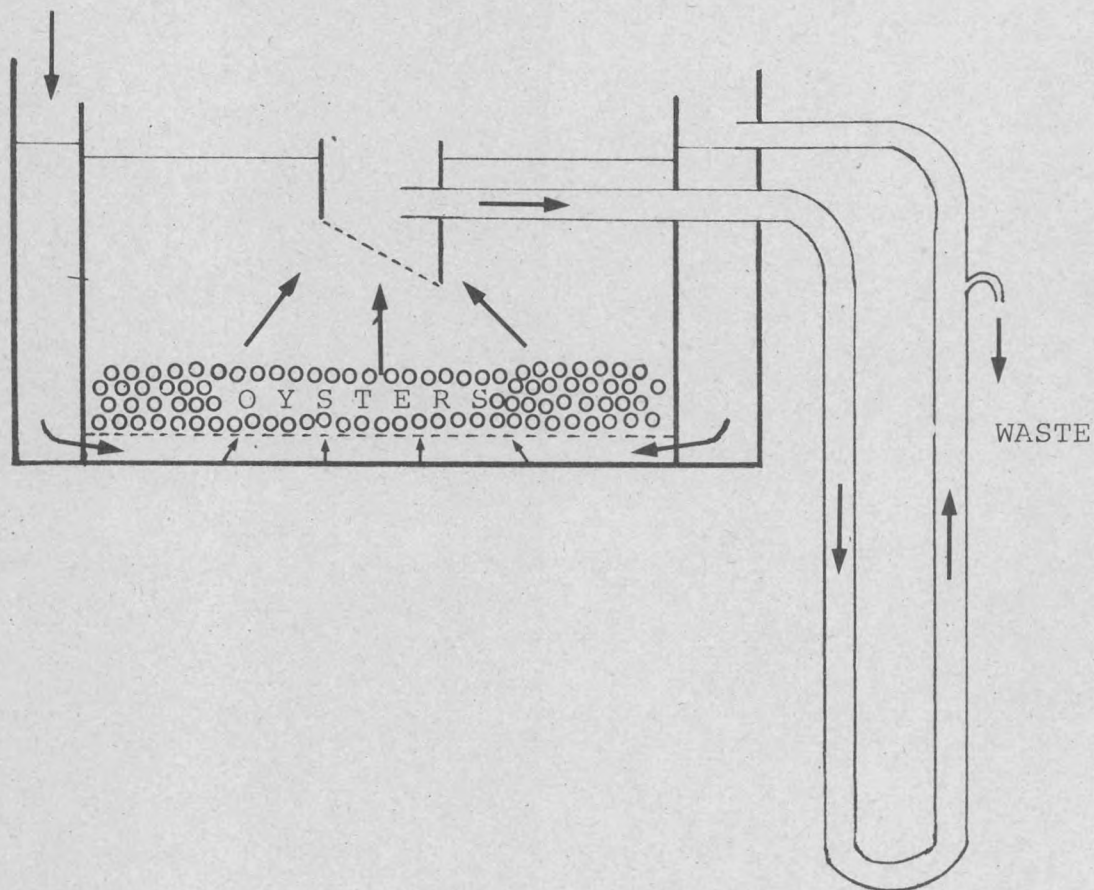
De opstelling was veranderd t.o.v. de opstelling in de eerste proeven, in die zin dat de schelpdieren in een "up flow" kweekstelsel geplaatst werden, waarin het water een opwaartse beweging heeft door de werking van lucht-water-pompen (zie figuur 1). De retentietijd van het water in de bakken bedroeg 1 en 2 uur.

Uit het cijfermateriaal blijkt dat de groei van het jonge spat optimaal was in de kweekbekkens met de kleinste densiteiten en de grootste debieten. Na een aanpassingsperiode van 1 maand waren beide oestersoorten in de volgende maand in lengte verdubbeld. De tragergroeiende tapijtschelp die bovendien in een hogere densiteit was gestockeerd, had een kleinere lengtetoeename.

De konklusies uit deze proef waren de volgende :

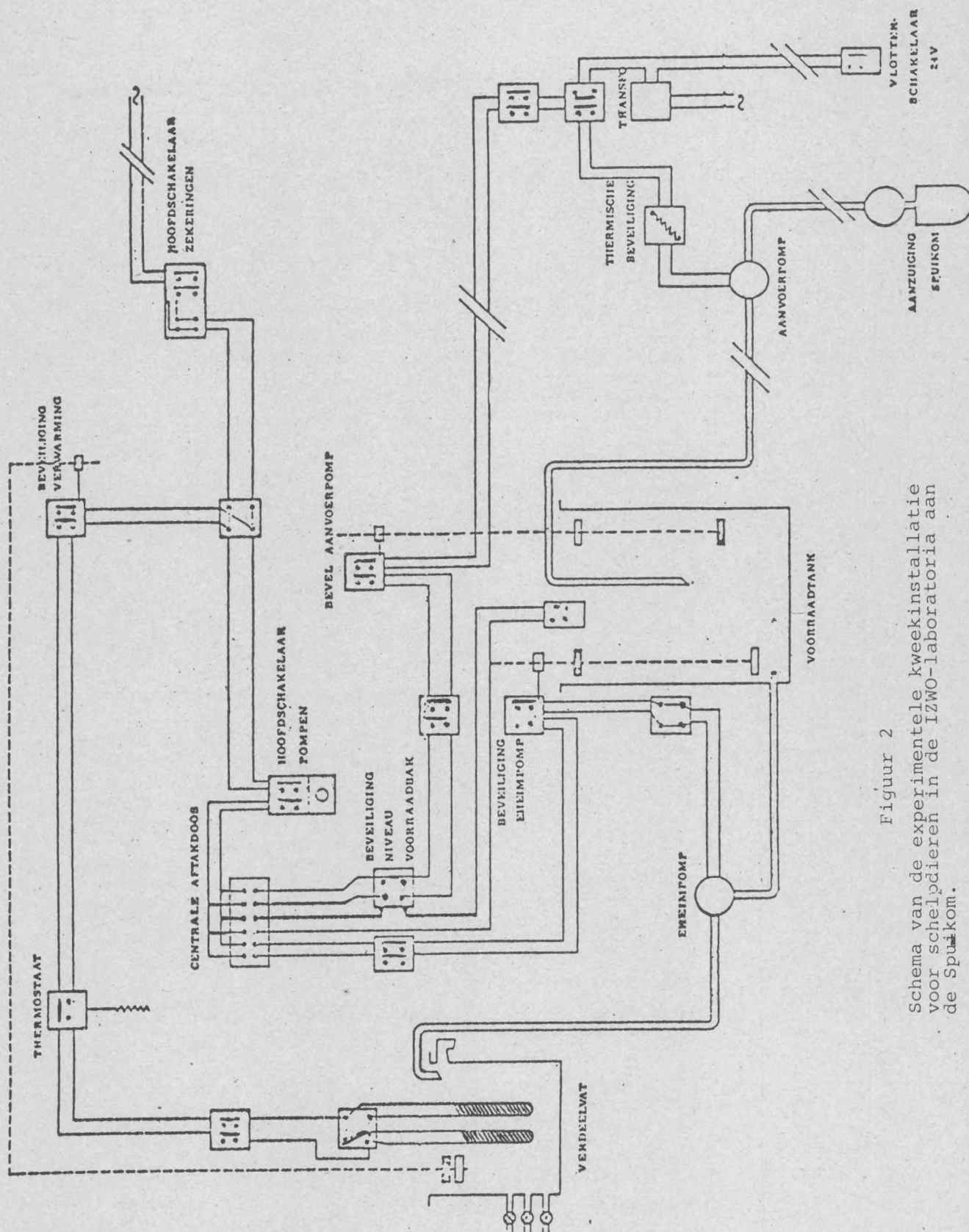
- Onder de betrokken omstandigheden (retentietijd 1 uur, en stockeringsdensiteit van 10.000 à 20.000 individuen van 3 mm/m²) wordt de groei van de postlarven niet geremd en krijgt men een maximale lengtetoeename te vergelijken met de resultaten bekomen tijdens de zomer in de Spuikom zelf.
- Indien echter gewerkt wordt in densiteiten die beantwoorden aan de vereisten van een industriële uitbating (t.t.z. 30.000 à 100.000 individuen van 3mm/m² ; in de hatchery van SATMAR te Barfleur Frankrijk worden zelfs stockeringsdensiteiten van 500.000 individuen/m² aangewend), wordt de groei van de jonge oesters wel geremd indien geen extra voedsel wordt toegediend. Wat de tapijtschelpen betreft ligt deze drempelwaarde bij ± 50.000 individuen/m².

WATER IN



Figuur 1

Het "up flow" systeem van Bayes (1979).



Figuur 2

Schema van de experimentele kweekinstallatie voor schelppdieren in de IZWO-laboratoria aan de Spuikom.

Derde reeks

In een derde reeks proeven (winter 1978) werd een nadere studie gedaan van het eventueel gunstig effect van de opwarming van het zeewater op de groei van de schelpdieren, indien geen extra voedsel wordt toegediend.

Hiertoe werden 3 densiteiten (0.5, 1 en 2 g/l) van V. semidecussata en 2 densiteiten (0.5 en 1 g/l) van C. gigas in de kweekbakken van 17.5 l gestockeerd. Het Spuikomwater werd opgewarmd tot 12°C respectievelijk 15°C. De controlebak werd niet opgewarmd. Tabel 5-7

Uit deze proeven blijkt dat de verwarming van het zeewater duidelijk een gunstige invloed heeft op de groei van Venerupis semidecussata. Bij 15°C bekomt men echter geen significant betere resultaten dan bij 12°C. Dit duidt erop dat het Spuikomwater in de winter zeker nog rijk genoeg is aan voedsel om de groei van de tapijtschelpen toe te laten, doch wellicht de behoeften bij een verhoogd metabolisme bij 15°C slechts gedeeltelijk kunnen worden voldaan.

Bij de hoogste densiteit (2 g/l of $\pm 60.000 \text{ ind./m}^2$) is er een lichte groeiremming t.o.v. de andere combinaties met verwarmd zeewater, maar niet t.o.v. de niet verwarmde controle, waarin slechts 1 g/l tapijtschelpen waren gestockeerd.

Crassostrea gigas reageert ongeveer analoog op de verschillende temperatuurdrempels. In dit geval is ook de hoogste densiteit (1 g/l = 135.000 ind./m^2) groeilimiterend.

Samenvattend kan men stellen :

- dat de groei van de oesters en de tapijtschelpen van februari tot april, naargelang de stockeringsdensiteit, met respectievelijk 50 % en 100 % wordt versneld door opwarming van het water tot 12°C. Verdere opwarming tot 15°C heeft geen relevante verhoging van het rendement voor gevolg.

Vanaf april echter waren blijkbaar de voedselgehalten in het Spuikomwater niet meer groeilimiterend voor de gebruikte stockeringsdensiteiten, en steeg de groeisnelheid in alle combinaties met

Lengteveranderingen bij Venerupis semidecussata (uitgedrukt in mm.).

De getallen tussen haakjes geven de standaarddeviatie s weer.

$C_1 = 14230 \text{ ex./m}^2$ $C_2 = 28460 \text{ ex./m}^2$ $C_3 = 56930 \text{ ex./m}^2$

	12° C			15° C			niet opgewarmd C_2
	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3	
1/2/79			3,25 (0,34)				
26/2/79	3,38 (0,38)	3,29 (0,38)	3,29 (0,34)	3,50 (0,44)	3,51 (0,43)	3,27 (0,45)	3,28 (0,48)
19/3/79	3,74 (0,42)	3,57 (0,45)	3,49 (0,41)	3,89 (0,45)	3,77 (0,47)	3,35 (0,35)	3,27 (0,45)
12/4/79	4,70 (0,57)	4,56 (0,57)	4,06 (0,42)	5,06 (0,49)	4,31 (0,40)	3,90 (0,43)	3,75 (0,40)
30/4/79	6,06 (0,62)	5,58 (0,56)	4,84 (0,51)	6,51 (0,66)	5,81 (0,55)	4,99 (0,45)	4,78 (0,50)

Relatieve lengteveranderingen bij Venerupis semidecussata uitgedrukt per dag.

	12° C			15° C			niet opgewarmd C_2
	C_1	C_2	C_3	C_1	C_2	C_3	
1/2/79 → 26/2/79	0,00157	0,00049	0,00049	0,00296	0,00308	0,00025	0,00037
26/2/79 → 19/3/79	0,00482	0,00389	0,00281	0,00503	0,00340	0,00115	0,00015
19/3/79 → 12/4/79	0,01125	0,01020	0,00630	0,01096	0,00585	0,00633	0,00571
12/4/79 → 30/4/79	0,01258	0,01187	0,01034	0,01482	0,01775	0,01450	0,01427

Tabel 5

	12° C			15° C			niet opgewarmd C ₂
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃	
<u>V. semidecussata</u>							
1/2/79			13,6				
26/2/79	17,1	16,9	16,2	19,7	17,8	17,4*	16,0
19/3/79	23,4	20,1	19,2	29,4	21,6	17,3	15,4
12/4/79	38,9	31,7	25,1	45,4	36,5	23,9	21,0
30/4/79	87,6	69,1	46,9	112,9	84,8	48,9	44,7
<u>C. gigas</u>							
1/2/79			2,9				
26/2/79	3,4	3,4	-	3,9	3,5	-	3,2
19/3/79	3,7	3,9	-	4,2	3,3	-	3,2
12/4/79	6,5	4,6	-	6,4	5,1	-	4,0
30/4/79	22,1	11,7	-	28,1	12,9	-	9,7

* 2/3/79 vervangen door nieuwe exemplaren: 13,8.

Tabel 6 : Gewichtsveranderingen bij Crassostrea gigas en Venerupis semidecussata
(uitgedrukt in mg.)

C₁ = 14230 ex./m² C₂ = 28460 ex./m² C₃ = 56930 ex./m² bij Venerupis.
C₁ = 66670 ex./m² C₂ = 133350 ex./m² bij Crassostrea.

	12° C			15° C			niet opgewarmd C ₂
	C ₁	C ₂	C ₃	C ₁	C ₂	C ₃	
<u>V. semidecussata</u>							
1/2/79 → 26/2/79	0,00916	0,00869	0,00700	0,01482	0,01076	0,00985	0,00650
26/2/79 → 19/3/79	0,01493	0,00826	0,00809	0,01906	0,00921	0,01330	0,00182
19/3/79 → 12/4/79	0,02118	0,01888	0,01116	0,01810	0,02186	0,01346	0,01292
12/4/79 → 30/4/79	0,04776	0,04583	0,03677	0,05358	0,04958	0,04211	0,04443
<u>C. gigas</u>							
1/2/79 → 26/2/79	0,00636	0,00636	-	0,01185	0,00752	-	0,00394
26/2/79 → 19/3/79	0,00403	0,00653	-	0,00353	0,00288	-	0,00000
19/3/79 → 12/4/79	0,02348	0,00688	-	0,01755	0,01814	-	0,00930
12/4/79 → 30/4/79	0,07198	0,05491	-	0,08702	0,05458	-	0,05210

Tabel 7 : Relatieve gewichtsveranderingen bij Crassostrea gigas en Venerupis semidecussata, uitgedrukt per dag.

$$C_1 = 14230 \text{ ex./m}^2 \quad C_2 = 28460 \text{ ex./m}^2 \quad C_3 = 56930 \text{ ex./m}^2 \text{ bij } \underline{\text{Venerupis.}}$$

$$C_1 = 66670 \text{ ex./m}^2 \quad C_2 = 133350 \text{ ex./m}^2 \text{ bij } \underline{\text{Crassostrea.}}$$

een faktor 2 tot 5, waardoor de gunstige invloed van de temperatuur en ook het verschil tussen een opwarming tot 12°C en tot 15°C duidelijk naar voor kwam.

- Het is belangrijk te vermelden dat er geen mortaliteit gedurende het ganse experiment optrad. Identiek zaad dat in de Spuikom werd uitgezet, overleefde de uitzonderlijk koude wintermaanden niet.

Vierde reeks

Gedurende de maanden juni, juli en augustus werd de groei van Venerupis semidecussata en Crassostrea gigas in natuurlijke omstandigheden vergeleken met de groei in de nursery (10.000 à 45.000 ind/m²).

Voor V. semidecussata was de gewichtstoename in de Spuikom 250 % van die in de nursery.

Voor C. gigas bereikte het gewicht van de dieren in de Spuikom 280 à 790 % van het gewicht in de nursery, naargelang de grootte van de dieren.

Uitgedrukt in schaallengte bedragen deze meeropbrengsten in de Spuikom voor Venerupis (13 mm) en voor Crassostrea respectievelijk 130 % en 150 % voor de kleinste oesters (24 mm) en 240 % voor de grootste oesters (57 mm).

Het is duidelijk dat deze slechte groeiresultaten in de nursery in de eerste plaats te wijten zijn aan de grote afmetingen van de proefdieren (+ 7 mm bij de start van het experiment, doch reeds + 13 mm na één maand).

Niettemin is het twijfelachtig dat de groeiresultaten in de nursery zonder extra additie van voedsel zelfs met klein spat, in deze periode van het jaar, de resultaten bekomen in de Spuikom zelf, zouden overtreffen of zelfs evenaren.

5.4.2. Groeiproeven met mosselen, oesters en tapijtschelpen met additie van wiersuspensies gekweekt op agrarische meststoffen en gekweekt op beluchte varkensmest.

Eerste reeks

Laboratoriumproeven met juveniele en adulte Mytilus edulis rechtstreeks gevoed met vloeibaar varkensmest :

Twaalf 2 l akwaria met mosselen worden via een peristaltische pomp voorzien van verschillende concentraties aan varkensmest.

Uit deze voorbereidende proef bleken 10, 5 en 2.5 % akueel toxisch te zijn voor de testorganismen. In de concentraties 1 en 0.1 % stelde men na één maand slechts een kleine mortaliteit vast. De groei van de schelpdieren was evenwel nihil. Uit de chemische analyses bleek dat die mortaliteit te wijten was aan veel te hoge NH_4^+ en NO_2^- -gehalten in het water in de kweekbakken.

Tweede reeks

Nursery-kweek van mosselen en oesters met fytoplankton gekweekt met 2 % varkensmest :

In een eerste experiment werden in akwaria van 2 l telkens 30 kleine schelpdieren ondergebracht. De water- en de wiertoevoer gebeurde kontinu. De rententietijd bedroeg 4 uur, de temperatuur 18°C.

Uit de gegevens van deze proef bleek dat Ostrea edulis na 3 maand in geen enkel van de bakken in lengte en slechts in geringe mate in gewicht was toegenomen. Er was geen significant verschil in resultaat met de wieren gekweekt op varkensmest en met wieren gekweekt op fertilizers.

Mytilus edulis daarentegen vertoonde wel duidelijk een lengte- en gewichtstoename met beide soorten wiersuspensies. De wieren gekweekt op fertilizers gaven hierbij de beste resultaten.

In geen enkel geval werd een belangrijke mortaliteit van de testdieren vastgesteld, wat betekent dat er geen akute intoxicatie van de schelpdieren optrad door metaboliëten aanwezig in varkensmest (NO_2^- en NH_4^+) althans niet in de concentraties gebruikt voor het kweken van de wieren.

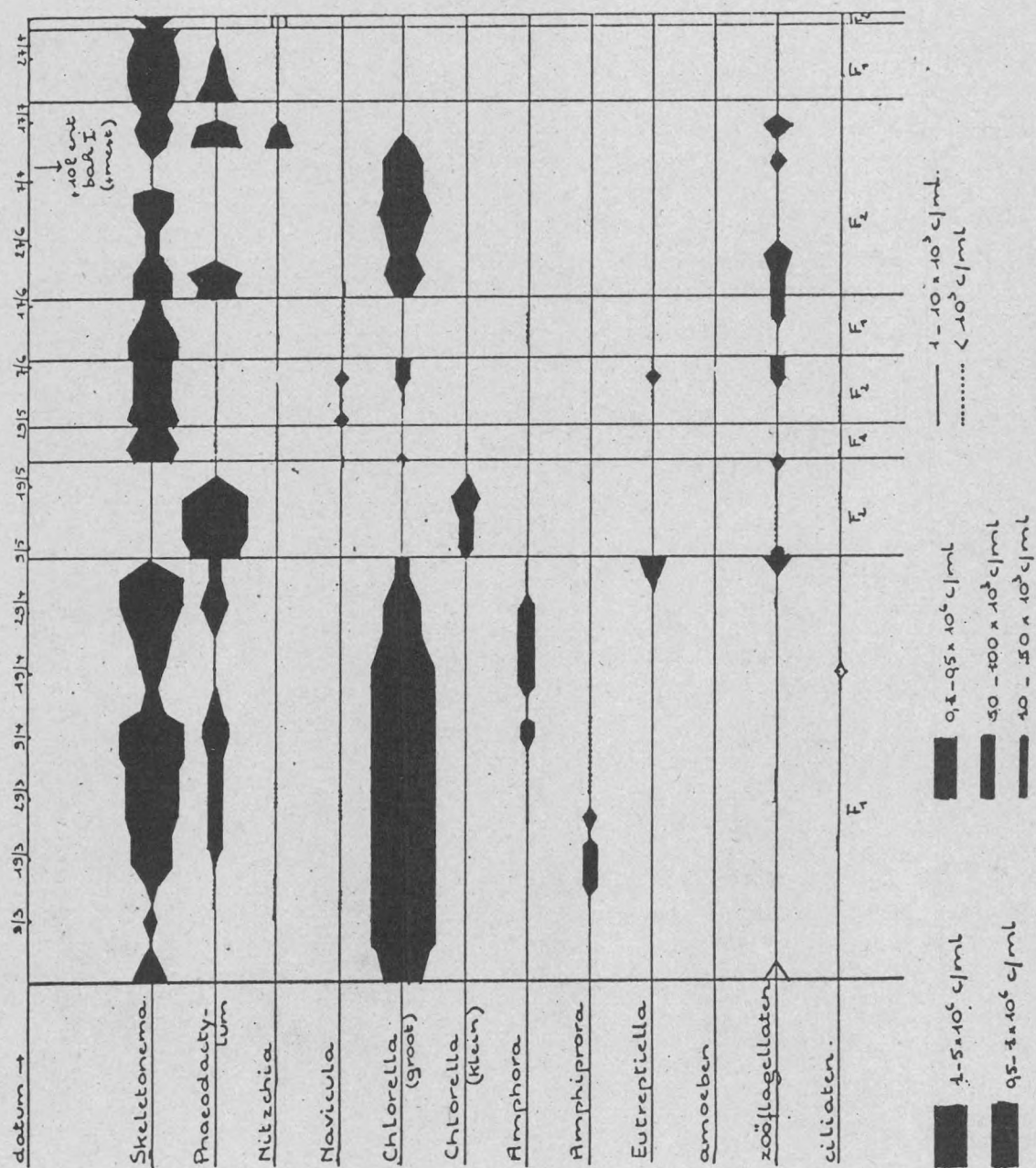
Een tweede experiment werd herhaald in het laboratorium van het I.Z.W.O. onder gunstiger omstandigheden (kontinu aanvoer van vers zeewater). Terzelfdertijd werden twee methoden voor voedseltoediening vergeleken : kontinue en diskontinue toediening. In het laatste geval maakten we nog onderscheid tussen een retentietijd van 2 uur en een retentietijd van 4 uur. Hierbij werd de voedselsuspensie toegediend en na een bepaalde tijd (bv 1/2 uur) werd het overschot weggespoeld door een sterke watertoevoer zodat er geen accumulatie van metaboliëten kon optreden. Vooral wanneer de toegediende wieren op mest waren gekweekt zou een dergelijke accumulatie nadelig kunnen zijn voor de molluskengroei.

De uitgeteste schelpdiersoort was Venerupis semidecussata (3 mm).

De wierkulturen werden gekweekt in het laboratorium voor Marikultuur te Gent (R.U.G.) en in het I.Z.W.O. te Oostende.

De soortensamenstelling van deze kulturen was nogal variabel (figuur 4-5). Gezien er telkens 2 parallelle kulturen werden opgezet, werd alleen de oogst gebruikt van de kultuur met het meest voordelige soortenspektrum (bij voorkeur Skeletonema en Phaeodactylum ; geen Chlorella).

De beste groei van de tapijtschelpen werd waargenomen met als voedsel wieren gekweekt op 2 % varkensmest. Traditioneel gekweekte wieren gaven mindere groei en in de blanco-opstelling was de groei zeer gering (Tabel 8-11).



Figuur 4

Dominante fytoplanktonsoorten in de toegediende wierkulturen (+ fertilizers) (F₂ en F₁ zijn de 2 opgezette kulturen)



Figuur 5

Dominante fytoplanktonsoorten in de toege-
diende wierkulturen (+ mest). I, II zijn
de 2 opgezette kulturen.

	blanko	KONTINU wieren fertilizer	wieren mest
28/2/79	→	3,10 (0,30)	→
23/3/79	2,97 (0,33)	3,01 (0,33)	-
11/4/79	3,18 (0,36)	3,50 (0,43)	3,25 (4/4)
7/5/79	4,06 (0,43)	5,02 (0,55)	4,76 (0,55)
14/6/79	5,45 (0,61)	7,87 (0,69)	7,65 (0,61)
12/7/79	5,70 (0,83)	9,48 (1,14)	9,44 (1,07)
3/8/79	6,54 (0,80)	10,44 (2,43)	11,64 (1,32)

	blanko	DISKONTINU 2u wieren fertilizer	wieren mest	blanko	DISKONTINU 4u wieren fertilizer	wieren mest
11/4/79	←			3,25 (4/4/79)		→
7/5/79	4,35 (0,24)	4,64 (0,34)	4,96 (0,27)	4,23 (0,38)	4,45 (0,48)	4,59 (0,86)
14/6/79	5,82 (0,34)	6,46 (0,87)	7,34 (0,56)	4,60 (0,53)	5,59 (0,54)	7,04 (0,54)
12/7/79	5,32 (0,56)	7,34 (1,03)	8,85 (0,74)	5,51 (0,63)	6,58 (0,67)	8,23 (0,73)
3/8/79	6,02 (0,70)	9,38 (0,84)	10,51 (1,29)	6,17 (0,72)	8,16 (0,83)	10,05 (0,98)

Tabel 8 : Lengteveranderingen bij Venerupis semidecussata (uitgedrukt in mm.)

De getallen tussen haakjes geven de standaarddeviaties weer.

		KONTINU	
		blanko	wieren fert. wieren mest
28/2/79 →	23/3/79	-0,00186	-0,00128 -
23/3/79 →	11/4/79	0,00360	0,00794 -
11/4/79 →	7/5/79	0,00940	0,01387 0,01156
7/5/79 →	14/6/79	0,00775	0,01183 0,01248
14/6/79 →	12/7/79	0,00140	0,00582 0,00657
12/7/79 →	3/8/79	0,00625	0,00438 0,00952

		DISKONTINU 2u		DISKONTINU 4u	
		blanko	wieren fert. wieren mest	blanko	wieren fert. wieren mest
11/4/79 →	7/5/79	0,00833	0,01017 0,01208	0,00753	0,00898 0,00986
7/5/79 →	14/6/79	0,00766	0,00871 0,01031	0,00221	0,00600 0,01125
14/6/79 →	12/7/79	-0,00281	0,00399 0,00585	0,00564	0,00509 0,00488
12/7/79 →	3/8/79	0,00562	0,01115 0,00781	0,00514	0,00978 0,00908

Tabel 9 : Relatieve lengteveranderingen bij Venerupis semidecussata, uitgedrukt per dag.

	KONTINU		
	blanko	wieren fertilizer	wieren mest
28/2/79	15,5	-	-
23/3/79	15,0	15,0	-
11/4/79	17,7	23,6	14,1
7/5/79	28,1	51,5	48,2
14/6/79	38,9	141,2	118,5
12/7/79	66,7	314,6	320,2
3/8/79	100,1	456,4	623,8

	DISKONTINU 2u			DISKONTINU 4u		
	blanko	wieren fertilizer	wieren mest	blanko	wieren fertilizer	wieren
11/4/79	26,2	32,2	41,9	21,9	27,7	36,7
7/5/79	45,9	91,0	114,7	28,1	57,4	88,9
14/6/79	54,1	159,4	267,6	57,2	101,9	209,7
3/8/79	70,3	293,8	457,0	83,6	184,7	365,9

Tabel 10 : Gewichtsveranderingen bij Venerupis semidecussata, uitgedrukt in mg.

	blanko	KONTINU wieren fert.	wieren mest
28/2/79 →	23/3/79	-0,00143	-
23/3/79 →	11/4/79	0,00871	-
11/4/79 →	7/5/79	0,01778	0,03724
7/5/79 →	14/6/79	0,00856	0,02367
14/6/79 →	12/7/79	0,01685	0,03106
12/7/79 →	3/8/79	0,01845	0,03031

	DISKONTINU 2u			DISKONTINU 4u			
	blanko	wieren fert.	wieren mest	blanko	wieren fert.	wieren mest	
11/4/79 →	7/5/79	0,01770	0,02359	0,03111	0,01258	0,01929	0,02733
7/5/79 →	14/6/79	0,01475	0,02734	0,02650	0,00656	0,01917	0,02328
14/6/79 →	12/7/79	0,00514	0,01752	0,02647	0,02221	0,01793	0,02681
12/7/79 →	3/8/79	0,01190	0,02779	0,02432	0,01725	0,02703	0,02530

Tabel 11 : Relatieve gewichtsveranderingen bij Venerupis semidecussata, uitgedrukt per dag.

De samenstelling van de wiersuspensie is hiervoor grotendeels verantwoordelijk, ook voor de belangrijke schommelingen in de tijd.

De eventuele toedracht van de mestdeeltjes als voedingsbron voor de mollusken is nog niet bekend.

Een continuë vervoedering geeft betere resultaten dan een diskontinuë. Hierbij dienen we nochtans op te merken dat een diskontinuë vervoedering (om de 2 uur) met wieren gekweekt op varkensmest een gelijkaardige groei van de tapijtschelpen geeft dan een continuë vervoedering met wieren gekweekt op agrarische meststoffen.

Er moet ook rekening gehouden worden met een bijkomend probleem. Door extra-additie van Cu en Zn aan het varkensvoedsel, bevat het varkenseffluent relatief hoge concentraties van deze metalen. Deze blijken geen negatief effect te hebben op de algengroei (zie 3.1.3.) , maar het is niet uitgesloten dat deze metalen geakkumuleerd worden in de weefsels van de mollusken.

Het onderzoek hiervan werd toevertrouwd aan het Instituut voor Scheikundig Onderzoek (I.S.O.) te Tervuren. (Tabel 12) Uit de eerste resultaten van deze analyses blijkt dat, uitgedrukt in de $\mu\text{g metaalion per g droge stof schelpdier}$, er geen accumulatie is van Cu, Pb en Zn, een kleine verhoging van het Cd gehalte, en een duidelijke verhoging van het Cr gehalte t.o.v. de blanco. Indien de resultaten echter worden uitgedrukt per individu en ten slotte per g levend gewicht, stelt men vast dat de tapijtschelpen gekweekt op wieren op basis van varkensmest, 100 % Cu, Cd en Cr akkumulieren en 50 % Zn t.o.v. de blanco, doch t.o.v. de tapijtschelpen gekweekt op wieren op basis van fertilizers slechts 23 % Zn, 22 % Cr, 10 % Cu en 0 % Cd.

Koperakkumulatie schijnt dus op het eerste zicht minder een probleem dan verwacht. Zn en Cr zijn verdacht, ook wat betreft de absolute gevonden concentraties.

Monster	% H ₂ O	Cu			Pb		Zn			Cd			Cr		
		µg/g	µg/spec.	µg/g levend gewicht	µg/g	µg/spec	µg/g	µg/spec.	µg/g levend gewicht	µg/g	µg/spec.	µg/g levend gewicht	µg/g	µg/spec.	µg/g levend gewicht
tapijtschelpen zonder schelp fertilizers	83,65	10,4	0,38		10,4	0,38	349	12,9		3,53	0,13		10,4	0,38	
tapijtschelpen met schelp fertilizers	38,19	3,28	0,88	2,82	<1	<1	34,6	9,25	29,69	0,41	0,11	0,35	5,62	1,50	4,81
tapijtschelpen zonder schelp mest	81,94	11,3	0,79		16,5	1,14	278	19,3		2,06	0,14		20,6	1,43	
tapijtschelpen met schelp mest	41,03	2,86	1,50	3,11	<1	<1	33,6	17,67	36,64	0,32	0,17	0,35	5,39	2,83	5,87
tapijtschelpen met schelp blanko	35,18	2,37	0,13	1,53	<1	<1	38,5	2,09	24,68	0,26	0,01	0,12	3,95	0,21	2,48

Tabel 12 : gehalten aan zware metalen in tapijtschelpen gevoed met wieren
gekweekt op varkensmest en gekweekt op fertilizers.

wat de mogelijke accumulatie van pathogene varkens-viren betreft, worden stalen van een recentere proef met C. gigas en O. edulis onderzocht in het laboratorium voor Virologie, Diergeneeskunde (R.U.G.). Deze stalen waren negatief.

Het onderzoek van deze belangrijke aspecten in de recyclage van dierlijke afval in de akwatische voedselketen, staat nog maar in een beginstadium. Er zal getracht worden zo veel mogelijk gegevens in dit verband te verzamelen om aldus de pertinente vragen i.v.m. de sanitaire problemen te kunnen oplossen.

5.4.3. Groeiproeven met tapijtschelpen en oesters met vervoeding van rijstvoerschroot.

Eerste reeks

Spat van Venerupis semidecussata (3 mm), Ostrea edulis en Crassostrea gigas werden in 2 verschillende proeven gevoerd met rijstvoerschroot (ontvette gemalen rijstekaf).

De gevoeding gebeurt continu en in parallel wordt een gevoeding met levende wiercellen voorzien. De blanco krijgt geen extra additie.

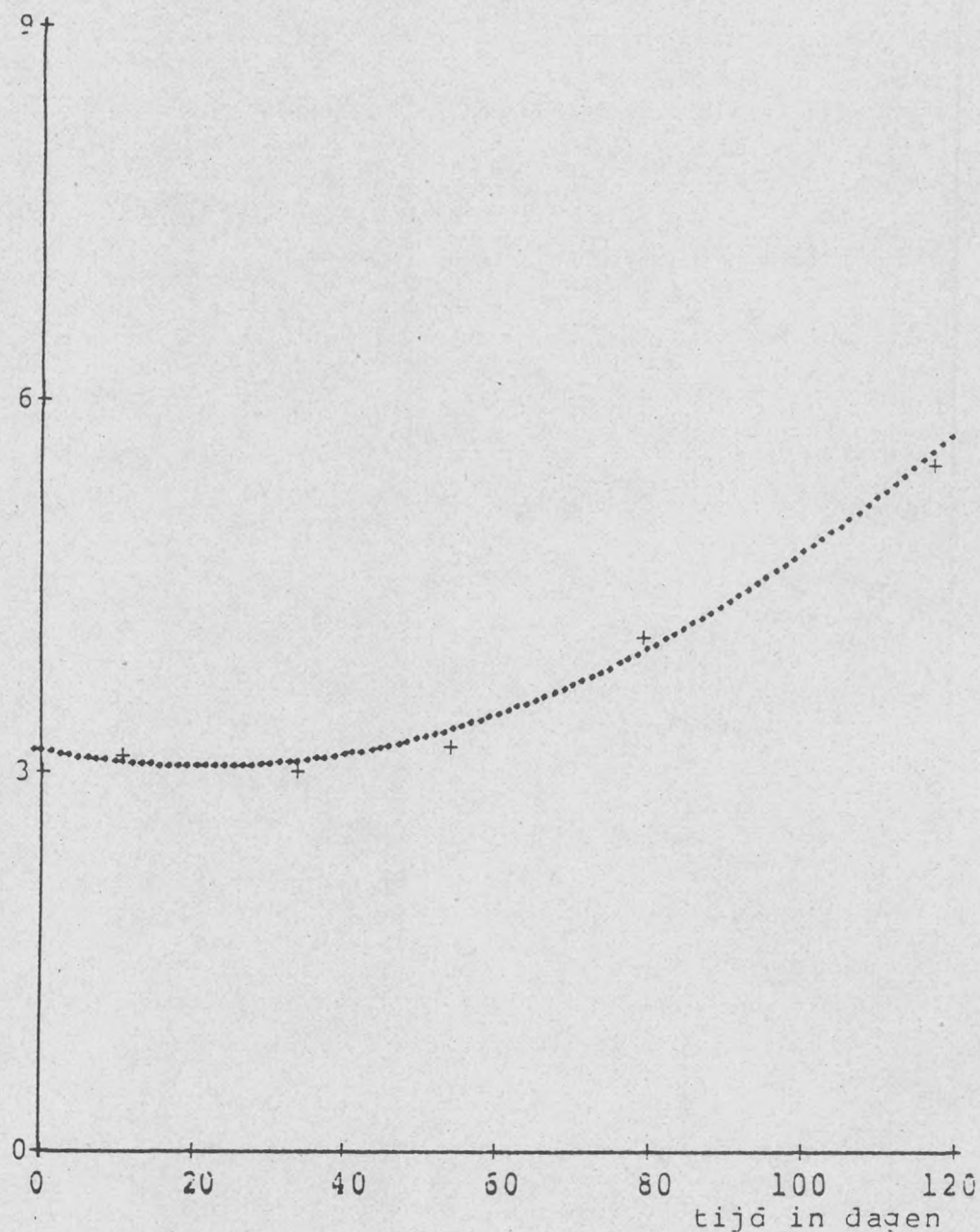
Uit de proef met V. semidecussata blijkt dat het rijstvoerschroot een zeer geschikt voedsel is voor jonge tapijtschelpen. De groeieresultaten evenaren en overtreffen zelfs de resultaten bekomen met de levende wiersuspensie. (Figuren 6-9)

Uit de proef met O. edulis en C. gigas blijkt dat beide oestersoorten duidelijk levende wieren als voedsel verkiezen. Toevoegen van rijstvoerschroot geeft geen hoger rendement t.o.v. de blanco.

Het is duidelijk dat beide preliminaire proeven slechts een aanloop zijn voor een verder onderzoek waarbij zal getracht worden de bekomen gunstige resultaten met V. semidecussata te optimaliseren en ook op grote schaal toe te passen, en waarbij

Venerupis semidecussata, gekweekt op SPUIKOMWATER.
zonder extra voedsel

lengte in mm



Figuur 6

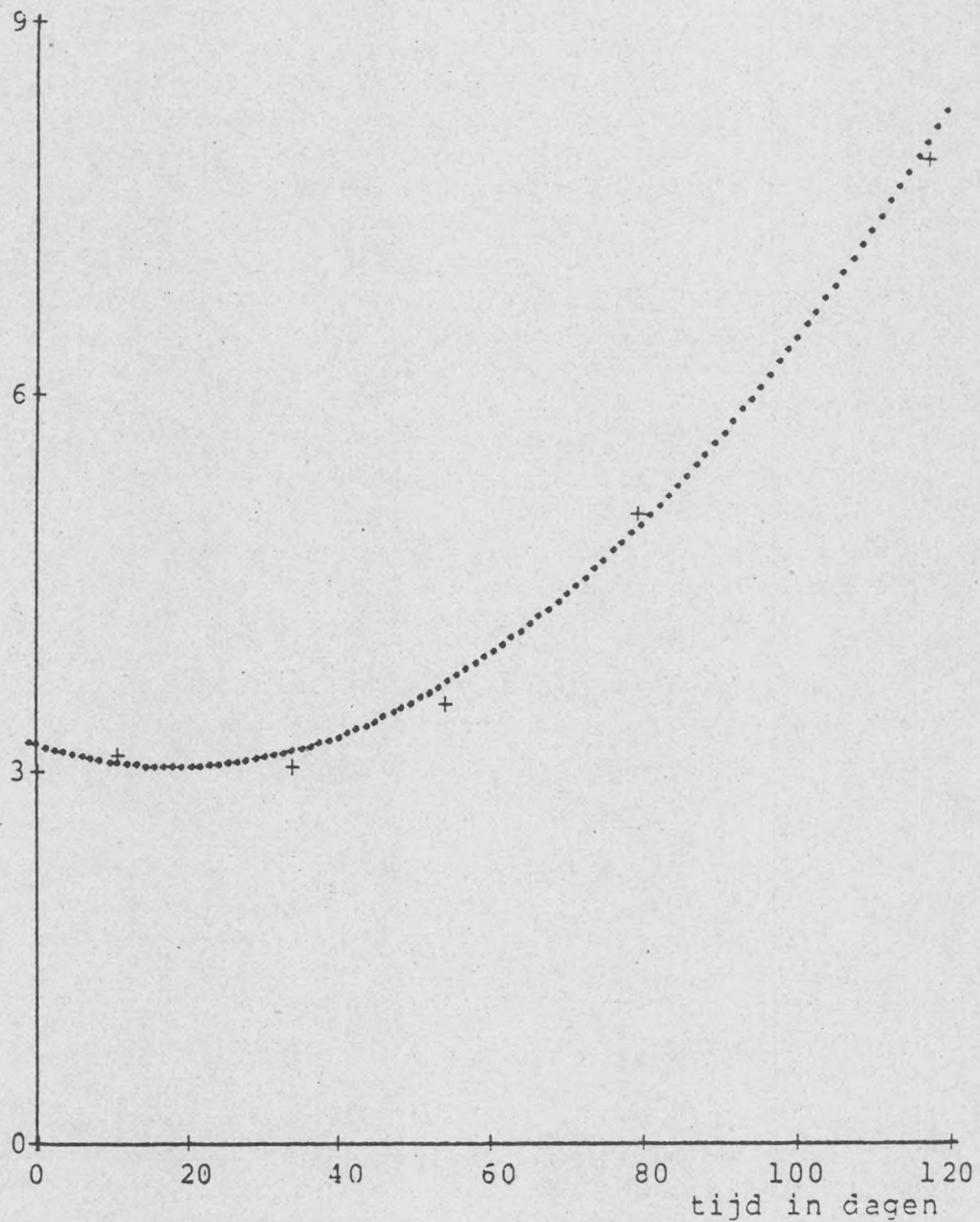
Kwadratische regressie $y = a + bx + cx^2$

met $a = 3,14$
 $b = -0,012$
 $c = 0,0003$

Korrelatiecoëfficiënt $r = 0,989$

Venerupis semidecussata, gevoed met WIEREN, GEKWEEST
OP ANORGANISCHE MESTSTOFFEN.

lengte in mm



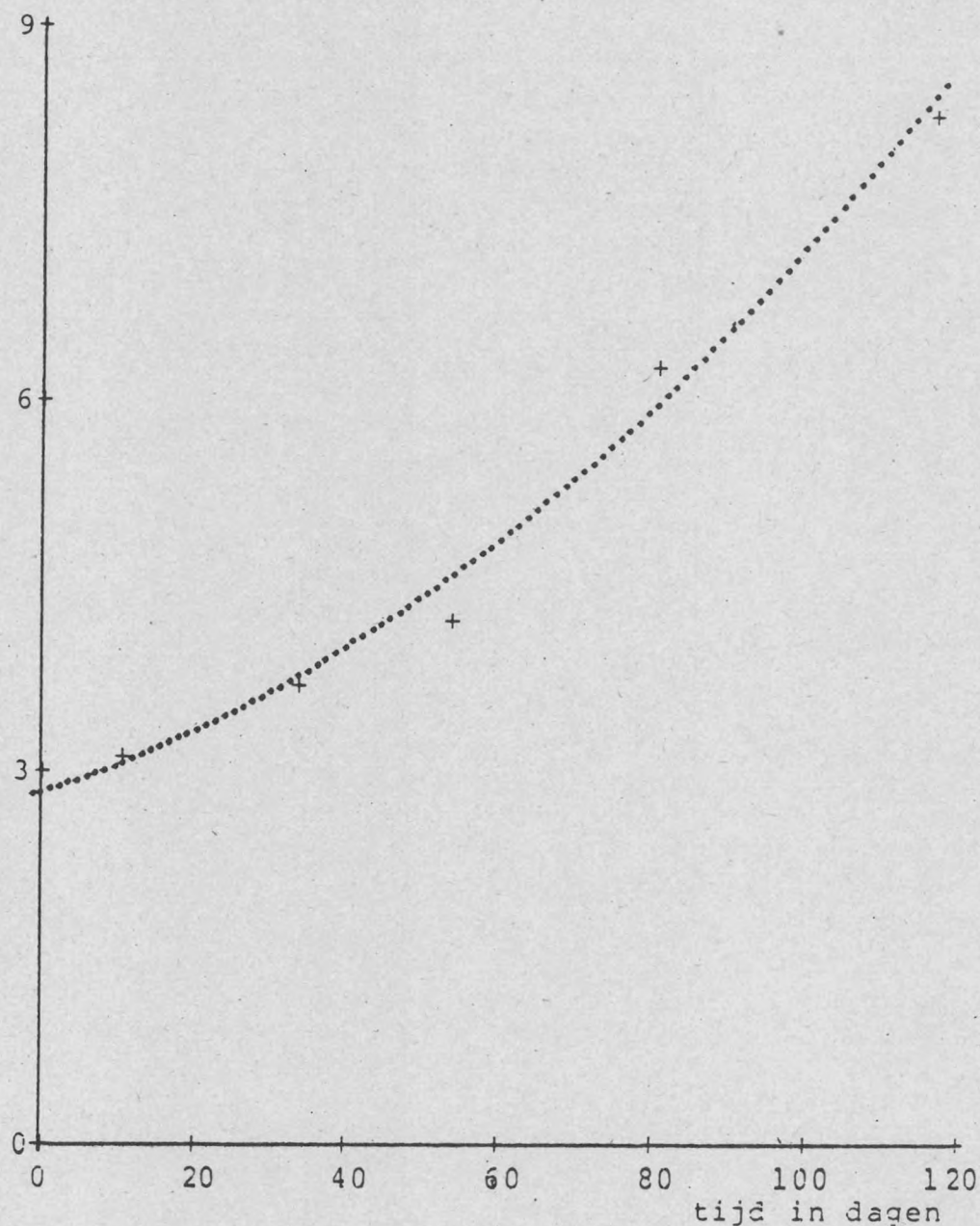
Figuur 7

Kwadratische regressie $y = a + bx + cx^2$
 met $a = 3,18$
 $b = -0,02$
 $c = 0,0005$

Korrelatiecoëfficiënt $r = 0,996$.

Venerupis semidecussata, gevoed met
RIJSTVOERSCHROOT.

lengte in mm



Figuur 8

Kwadratische regressie $y = a + bx + cx^2$

met $a = 2,78$

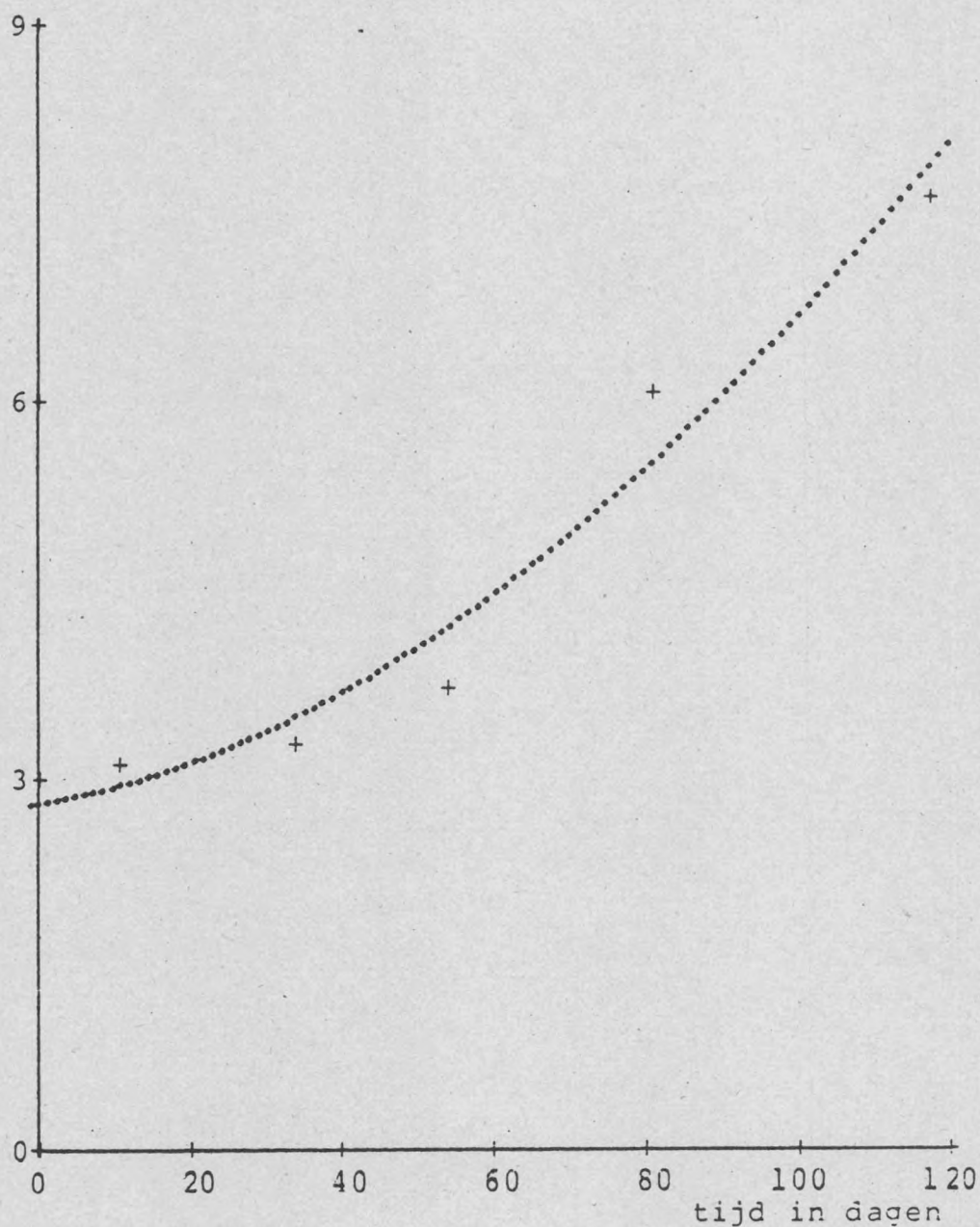
$b = 0,018$

$c = 0,0003$

Korrelatiecoëfficiënt $r = 0,987$.

Venerupis semidecussata, gevoed met dubbele concentratie
RIJSTVOERSCHROOT.

lengte in mm



Figuur 9

Kwadratische regressie $y = a + bx + cx^2$
 met $a = 2,75$
 $b = 0,01$
 $c = 0,003$

Korrelatiecoëfficiënt $r = 0,0003$.

nieuwe proeven met beide oestersoorten met gemengde dieten wierden + rijstvoerschroot zullen worden gestart.

5.5. WETENSCHAPPELIJKE KONKLUSIES

De voornaamste konklusies uit dit twee jaar durend onderzoek zijn de volgende :

- De nursery-kweek van post-larvale mollusken, zoals deze werd toegepast, is een vooruitgang in de schelpdierkweek. Niet alleen kan de mortaliteit van het zeer jonge broed in deze overgangsfase tot ongeveer 0 % worden herleid, maar bovendien werden in onze kweeksystemen aan de rand van de Spuikom te Oostende, met een hoge densiteit aan schelpdieren en zonder extra voedseladditie, groeisnelheden bereikt die tot 100 % hoger liggen dan de korresponderende groeisnelheden in de natuur.

- Deze meeropbrengst t.o.v. de natuurlijke omstandigheden in de Spuikom te Oostende, is echter zeer sterk seizoen-gebonden : De groeieresultaten gedurende de zomermaanden juni - juli en augustus, waren in de Spuikom zelf steeds beter dan in de nursery, indien geen extra-voeding werd toegediend.

Van februari tot en met mei en van september tot en met november integendeel, overtreffen de groeieresultaten in de nursery deze van de natuur. Dit is in de eerste plaats te wijten aan de opwarming van het water, waardoor het totale metabolisme van de proefdieren en derhalve ook hun groei versneld wordt.

Deze versnelling is evenwel slechts mogelijk indien voldoende voedsel voor de organismen in het water aanwezig is om dit versnelde metabolisme vol te houden. Daarom speelt ook de stockeringsdensiteit van de schelpdieren en het waterdebiet een belangrijke rol in het voorzien van de voedselbehoeften van elke post-larve.

In de maanden november en maart, vinden wij immers bijna geen verschil in groei meer tussen de organismen gestockeerd bij 15°C en deze gestockeerd bij 12°C, zelfs bij lage stockeringsdensiteiten en hoge stroomsnelheden van het water.

Dit beduidt dat aan de grotere voedselbehoeften bij 15°C niet meer volledig kan voldaan worden, zodanig dat deze opstelling economisch bijzonder nadelig uitvalt.

Gedurende de maanden december tot februari, is de groei op basis van niet aangerijkt Spuikomwater zeer miniem en varieert naargelang de schelpdiersoort. Bv. Crassostrea gigas blijft doorgroeien tijdens de winter, terwijl bij Ostrea edulis en Venerupis semidecussata de groei praktisch wordt gestaakt.

Belangrijk is evenwel de zeer lage mortaliteit in deze winteromstandigheden, een element dat op zichzelf van de nursery een waardevol hulpmiddel maakt in de gecontroleerde oesterkweek.

- Wat de stockeringsdensiteiten betreft is het duidelijk dat voor oesters bij een densiteit van 30.000 ind./m² en voor tapijtschelpen bij een densiteit van 50.000 ind./m², de groei van de schelpdieren niet meer optimaal gebeurt. De vermindering in rendement is echter niet rechtlijnig evenredig met de verhoging van de stockeringsdensiteit. Het is bijgevolg na te gaan welke de economisch voordeligste opstelling is.

- Indien extra voedsel aan het Spuikomwater wordt toegevoegd kan de stockeringsdensiteit van de schelpdieren en de temperatuur, en bijgevolg de produktie, worden opgedreven.

Indien levend fytoplankton als voedsel wordt gebruikt, is men eveneens seizoen-gebonden, gezien de wierproduktie bv in de maand december tot $\pm 0\%$ daalt. Anderzijds kan men door een overdimensioneren van de wierkweekinstallatie er in het najaar en de lente wel in slagen voldoende wiercellen te produceren voor de voedselbehoeften van de mollusken bij verhoogde temperaturen.

- Voor de maanden december tot februari echter, wanneer de wierproduktie minimaal is, kan men naast fytoplankton ook gebruik maken van inerte voedsels zoals bv. rijstvoerschroot. Totnogtoe leverde dit afvalprodukt uitstekende resultaten op voor Venerupis semidecussata.

Als algemene konklusie voor de nursery-kweek van oesters en tapijtschelpen zonder extra- additie van voedsel, aan de Spuikom te Oostende, kan men stellen, dat het produktie-schema volledig moet afgesteld zijn op de seizoenen en op het produktie-schema

van de oesterkwekers zelf. Bij voorkeur kopen deze laatste het oesterzaad van 1 à 2 cm in, in de lente, opdat het voor de volgende winter reeds halfwassen en bijgevolg resistenter tegen de barre winteromstandigheden zou zijn. Dit betekent dat de nursery in de lente haar afgewerkt produkt moet kunnen afleveren. Dit kan gebeuren op 2 manieren :

1) Oesterzaad geproduceerd in de late zomer, kan in het najaar tot de gewenste afmetingen gebracht worden. Tijdens de winter groeit het zaad slechts weinig, doch de mortaliteit is nihil. Van zodra het vriesgevaar geweken is, kan dit zaad in de natuur worden uitgezet en start zijn voorjaarsgroei van zodra de weersomstandigheden verbeteren.

2) Oesterzaad geproduceerd in de winter kan vanaf februari - maart in de nursery worden uitgegroeid. Dankzij de voorjaarsbloei van het fytoplankton gebeurt de groei van dit zaad sneller dan de groei van het najaarszaad. In mei-juni kan dit zaad eveneens met succes in de natuur worden uitgezet.

Als algemene konklusie voor de nursery-kweek van oesters en tapijtschelpen met extra additie van voedsel, kan men stellen dat de kweek van eencellige wieren een belangrijke rendemenstsverhoging van de produktie kan betekenen gedurende de lente en de herfst, doordat de stockeringsdensiteiten van de schelpdieren en de temperatuur kunnen opgedreven worden.

Tijdens de zomer is de kwantiteit fytoplankton aanwezig in het Spuikomwater zelf, nooit limiterend voor de post-larven. In de nursery stelt zich dan het probleem dat de waterdoorstroming minder efficiënt gebeurt dan in de natuur zelf. Vandaar de minder goede groeieresultaten. Indien de hoge wierproduktie gedurende deze periode van het jaar mogelijks afgeoogst en gestockeerd kan worden, om het te gebruiken gedurende de winter, zou dit een enorme vooruitgang betekenen.

In de winter kan men via wierproduktie niet volledig voldoen aan de voedselbehoeften van grote aantallen oesters en tapijtschelpen gestockeerd bij verhoogde temperatuur, opdat een signifikant

verhoogde groei zou optreden. Indien geen alternatieve voeding bij middel van inerte voedsels (rijstvoerschroot) of diepgevroren wiercellen, kan worden aangeboden, moet men zich beperken tot overwintering van de schelpdieren.

5.6. BIBLIOGRAFIE

Bayes, J.C. - 1979

How to rear oysters.

Proc. of the 10th annual shellfish conference, May 15-16, 1979, 7-13. The Shellfish Association of Great Britain.

Claus, C., Van Holderbeke, L., Maeckelberghe, H. Van De Velde, A. and G. Persoone, 1980.

Nursery culturing of bivalve spat in heated seawater.

FAO Symposium on new developments in the utilization of heated effluents and recirculation systems for intensive aquaculture, Stavanger, Norway, 28-30 May 1980.

Persoone, G. and C. Claus - 1978

Mass culture of algae : a bottleneck in the nursery culturing of molluscs.

In : International Conference on the production and use of micro-algae biomass, Acre, Israel, September 1978.

Persoone, G. en E. Jaspers - 1978

Benutten van de energie van thermische effluenten voor de produktie van eiwitten door aquakultuur met recyclage van bio-industriële afvalstoffen, Semestrieel Rapport, maart 1978, Nationaal Onderzoeks- en Ontwikkelingsprogramma op het gebied van de ekonomie van de afvalstoffen en van de secundaire grondstoffen.

Persoone, G., Jaspers, E., De Pauw, N. Claus, C. en P. Sorgeloos - 1979

Voorstel tot konstruktie op pilootschaal van schelpdieren-nursery en eenheid voor biomassa-produktie van pekelkreeftjes (Artemia salina).

Nationaal Onderzoeks- en Ontwikkelingsprogramma op het gebied van de ekonomie van de afvalstoffen en van de secundaire grondstoffen.

6. DE KWEK VAN ARTEMIA

6.1. OP PUNT STELLEN VAN EEN SYSTEEM VOOR DE MASSAKWEK VAN ARTEMIA IN "BATCH"

6.1.1. INLEIDING

Wij zijn ons onderzoek gestart met de betrachting om de "batch"-kweek van Artemia op punt te stellen gebruik makend van thermische effluenten voor de verwarming en van bio-industriële afvalstoffen als voedsel. Aangezien bij de start van het projekt nog geen levende wieren in grote kwantiteiten konden gekweekt worden op sekundair gereinigde varkensmest, werd het onderzoek op de 2de schakel van de voedingsketen, in casu de mariene zooplanktont Artemia spec. aangevat met de technologische aspecten van de "batch"-kweek van hoge densiteiten larven. Hierbij werd specifiek naar een eenvoudig kweekstelsel gezocht dat kan geautomatiseerd worden en gemakkelijk schaalvergroting toelaat.

Het stelsel dient aan volgende kriteria te voldoen :

- de densiteit aan Artemia larven moet zo hoog mogelijk zijn;
- het voedsel en de organismen moeten homogeen over de water-massa verdeeld blijven;
- de aeratie van het water dient zo goed mogelijk te geschieden om het gehalte aan opgeloste zuurstof hoog te houden.

Na preliminaire proeven met verschillende systemen bleek het zogenaamd "raceway"-stelsel met air-water-lifts (zgn. lucht-water-pompen) het best aan de vooropgestelde kriteria te voldoen.

In het licht van de gunstige resultaten die op laboschaal bereikt werden, hebben wij een "out-door" pilootinstallatie van 2 m³ voor de batchkweek van Artemia ontworpen en gekonstrueerd.

6.1.2. OMSCHRIJVING KWEEKSYSTEEM

Een air-water-lift raceway bestaat uit een rechthoekige tank met centraal verdelingspaneel waarop de air-water-lifts bevestigd zijn. Deze tank werd gekonstrueerd met YTONG-stenen (30 x 15 x 15). Binnenin werd isolatie (polystyreen) en een warmte-uitwisselaar aangebracht. Ten slotte werd alles bedekt met een waterdichte PVC folie (zie figuur 1 in Bossuyt en Sorgeloos, 1980). Dit racewaysysteem voldoet volledig aan alle hoger gestelde eisen :

6.1.3. WATERCIRCULATIE

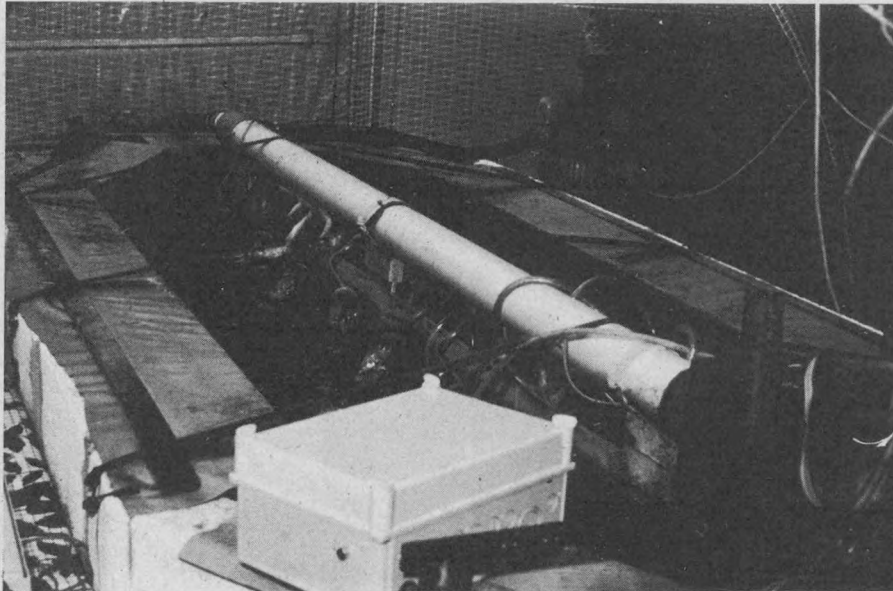
Het voedsel en de organismen blijven homogeen over de water-massa verdeeld. In een 2 m³ bekken (bij een waterhoogte van 80 cm) wordt immers door iedere airwaterlift \pm 14 l/min lucht geblazen wat een waterverplaatsing geeft van 40 l/min. Doordat deze pijpen op geregelde afstanden geplaatst zijn, ontstaat in het bekken een schroefvormige waterstroom die voor gevolg heeft dat de ganse watermassa kontinu in beweging is. Hierdoor blijven zelfs grotere voedselpartikels in suspensie en worden bezinkingszones voorkomen.

6.1.4. LUCHT-WATER-POMPEN

Uit verschillende proeven is gebleken dat de Artemia's die ook door de AWL's opgepompt worden, hiervan weinig hinder ondervinden zolang natuurlijk het gebruikte luchtdebiet niet te groot is.

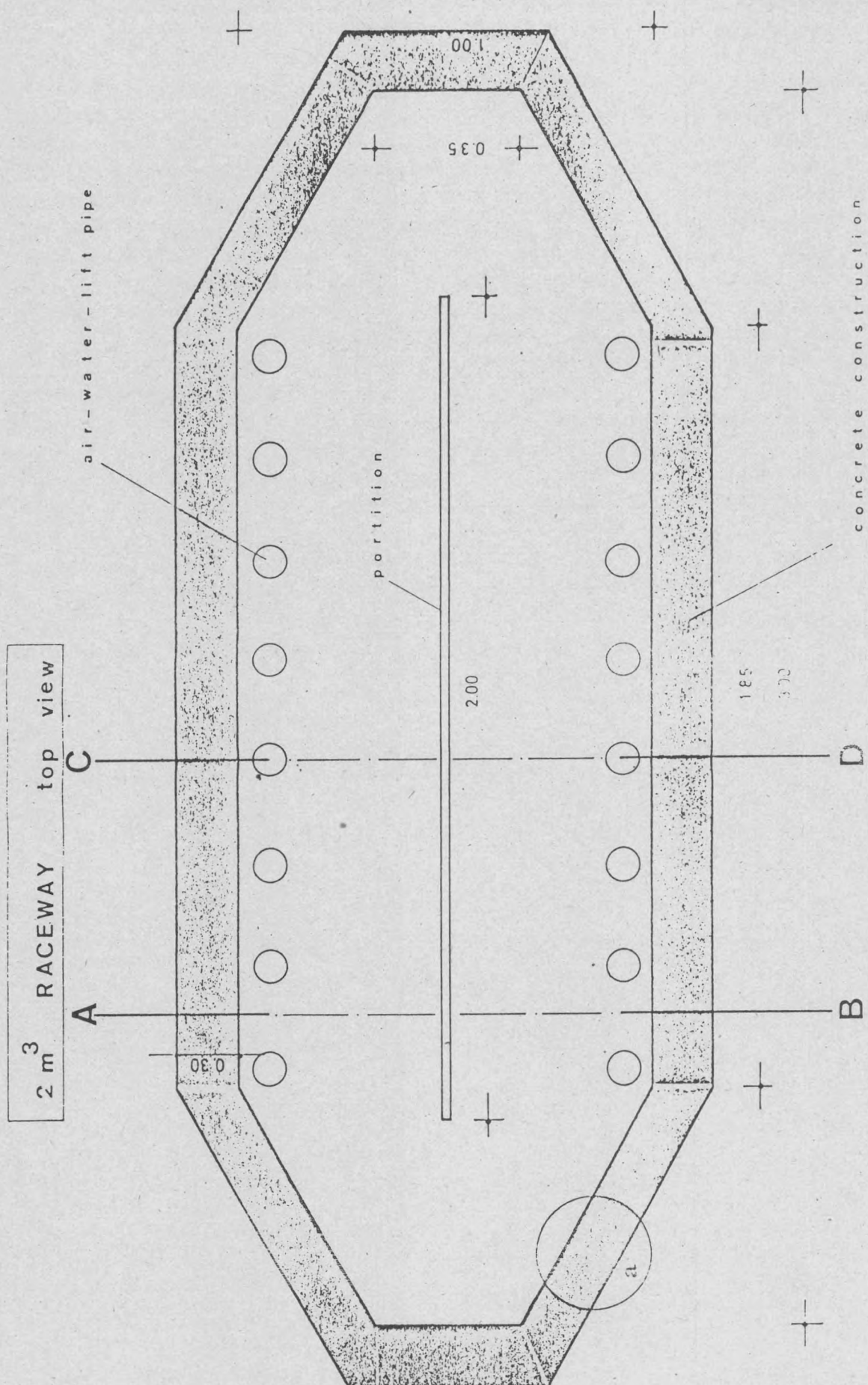
Bij verschillende waterhoogtes vonden wij volgende optimum waarden voor pijpdiameter en luchtdebiet :

waterhoogte	binnen diameter PVC pijp	luchtdebiet	waterdebiet
(cm)	(mm)	(l/min)	(l/min)
20	25	2.7	4.0
40	40	6.6	12.5
80	50	14.0	38.0



Intensieve kweektank (2 m^3) voor *Artemia salina* volgens het "raceway"-type met gebruik van luchtwaterpompen.

Figuur 1: Inrichting van een raceway (2000 liter) bovenaanzicht



Er was geen vermindering in waterstroming wanneer de AWL's op de langsijden van het bekken of op de centrale plaat bevestigd werden. Deze laatste konstruktiewijze is eenvoudiger en praktischer, zodat dit na bepaalde tijd ook steeds toegepast werd. Dit biedt eveneens het voordeel dat de aëratieleiding centraal opgesteld kan worden waardoor ze voor de helft minder lang hoeft te zijn.

6.1.5. AERATIESYSTEEM

Aangezien voor raceway-kweek grote debieten lucht nodig zijn, doch bij lage druk (1 kg/cm^2), hebben wij voor de luchtvoorziening van de AWL's overgeschakeld van een kompressor naar een axiaal blower. In vergelijking met de klassiek aangewende luchtkompressoren zijn blowers goedkoper, zowel in aankoop, verbruik als onderhoud. Enig verschil in toepassing is echter dat bij gebruik van een blower de diameter van de luchtleidingen groter moet zijn.

Uit verschillende kweekproeven die uitgevoerd werden, bleek dat mits een juiste voedseldosage (in het geval van overvoeding wordt een hoge BOD-belasting veroorzaakt) het zuurstofgehalte gedurende een ganse kweekperiode nooit waarden lager dan 3.5 ppm O_2 bereikte. In dergelijke kondities wordt noch de overleving noch de groei beïnvloed.

6.1.6. RACEWAY-TECHNOLOGIE

6.1.6.1. Inleiding

Artemia is een obligaat partikel filterfeeder. De continue beweging van de thoracopoden staat in voor de voortbeweging, de ademhaling en de voedselopname. In het hierboven beschreven racewaysysteem wordt het zwemgedrag der dieren niet verstoord en is voldoende opgeloste zuurstof in het water aanwezig. De meest kritieke faktor bij de Artemia kweek is dan ook het zorgen voor een aangepast voedingsritme.

6.1.6.2. Voedseltoediening

In het water moeten kontinu voedselpartikels aanwezig zijn om door de pekelkreeftjes te kunnen opgenomen worden. Wanneer deze partikels (=organische stoffen) te lang of in te hoge concentraties aanwezig blijven, geeft dit snel aanleiding tot een verslechtering van de waterkwaliteit : stijgend gehalte aan opbrengstverlagende en soms toxische (bij hoge concentraties) stoffen zoals NH_4 , NO_2 en NO_3 en andere niet gedefinieerde organische componenten.

Langs de andere kant hebben de larven gedurende hun ontwikkeling een voldoende hoeveelheid partikels nodig teneinde een snelle groei en een hoge overleving te kunnen garanderen.

Bij het begin van het projekt werd in de kweekproeven het voedsel op geregelde tijdstippen manueel of semi-automatisch (door middel van een elektrische klok en een pomp) toegevoegd. De dosering steunde op reeds vroeger opgedane ervaring door trial and error testen (Bossuyt, 1976). De meting van de voedselconcentratie in het water gebeurde door spektrofotometrie of door gebruik te maken van een zelf ontworpen waterdoorzichtigheidsmeter : een zogenaamde turbidistick.

Om over de ganse kweekperiode konstant eenzelfde hoeveelheid voedsel in het water voor de Artemia's beschikbaar te houden en de voedseltoediening volledig te automatiseren, hebben wij geprobeerd zelf een toestel op punt te stellen. Met deze "turbidostaat" wordt, steunde op de waterdoorzichtigheid om het half uur de voedselconcentratie in het kweekmedium gemeten en indien nodig wordt een bepaalde hoeveelheid voedsel toegevoegd.

De controle van de voedseltoediening in een raceway kan met deze turbidostaat dus gedurende de ganse kweekperiode automatisch gebeuren.

6.1.6.3. Systeem-uitbreiding

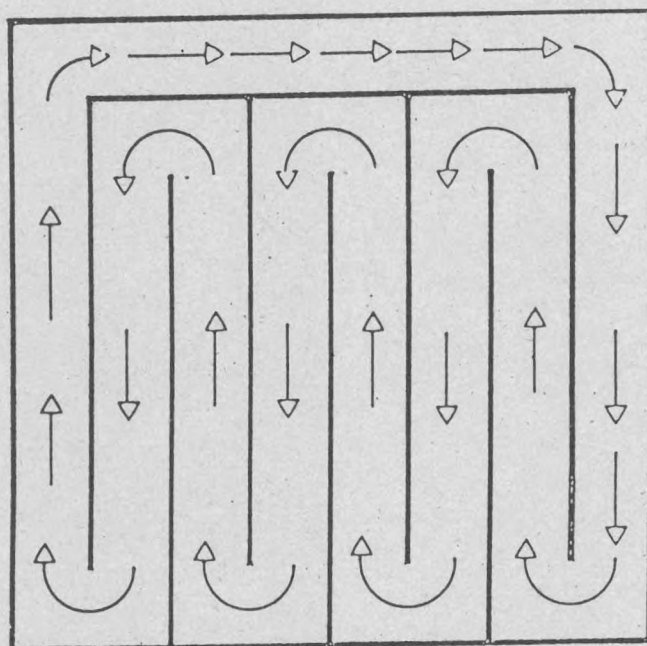
De bepalende faktor in de dimensionering van een raceway is de hoogte/breedte (H/B) verhouding. De optimumverhouding H/B varieert van 1 tot 2/3 (bij een waterhoogte H van 80 tot 100 cm). Dit werd berekend na uitvoering van kweektesten met verschillende racewaytypes. Om het kweekvolume groter te maken, moet het bekken dus enkel langer gemaakt worden waardoor geen enkele produktiebepalende faktor veranderd wordt. In dergelijke kondities mag men bij een volumestijging van 10 x verwachten dat een 10 x hogere produktie kan bekomen worden voor een lagere kostprijs per produktie-eenheid. Om de bouwkosten te drukken is het voordeliger een vierkant bekken te bouwen en het met verdeelpanelen als een raceway in te richten (zie figuur 2).

6.2. ONDERZOEK NAAR GESCHIKTE VOEDSELS VOOR DE KWEK VAN HET PEKELKREEFTJE ARTEMIA

6.2.1. LEVENDE VOEDSELS EN AFGELEIDE PRODUCTEN

Aangezien bij de start van het onderzoek enkel levende of gelyofiliseerde wieren en gisten bekend waren als geschikt voedsel voor het pekeltkreeftje, hebben wij de eerste kweekproeven uitgevoerd met het blauwier Spirulina als voedsel. Hiermee verkregen wij in 14 dagen een produktie van 3 à 3,5 kg natgewicht pre-adulte Artemia's in een 2 m³ racewaysysteem bij een kweektemperatuur van 25 tot 28°C.

Nadelen : - dit produkt dat enkel in Mexico op grote schaal geproduceerd wordt, werd steeds duurder (2 tot 7 US \$/kg),
- doordat het proteïnegehalte zeer hoog is (60-65%) geeft dit aanleiding tot zeer hoge, soms toxische gehalten aan NH₄-N : geregeld werden na een kweekperiode van 14 dagen gehalten van 80 tot 120 ppm NH₄-N gemeten.



Figuur 2 : Verdeling van een vierkant bekken
in racewaybanen door middel van
panelen

6.2.2. INERTE VOEDSELS : LANDBOUW (AFVAL) PRODUCTEN EN BIO-INDUSTRIEEL AFVAL

6.2.2.1. Ricebran of rijstvoerschroot en rijstvoedermeel

6.2.2.1.A. Inleiding

Gedurende een studieverblijf in de Filippijnen hebben wij enkele testen uitgevoerd met plaatselijke landbouwafvalprodukten zoals rijstekaf, soyapellen, kokosnotenmeel en garnalenkoppen als voedsel voor Artemia.

Vooraf ricebran (rijstekaf) gaf goede resultaten. Aangezien dit produkt overal ter wereld als zeer goedkoop afvalprodukt in enorme hoeveelheden beschikbaar is, hebben we in eerste instantie vooral deze voedselbron in detail bestudeerd. Dit rijstekaf is grof gemalen en al gauw bleek dat het eerst over een 60 micron filter diende gezeefd te worden, omdat anders teveel grof materiaal in het water bezinkt en de waterkwaliteit rap negatief beïnvloedt.

6.2.2.1.B. Bewerking van het ruwe rijstekaf

Omdat de hoger beschreven methode tijdrovend is en meer dan 60% verlies geeft (alleen het filtraat kan als voedsel-suspensie weerhouden worden), werd uitgekeken naar een geschikt maalprocédé om zoveel mogelijk partikels tot onder de 60 micron grens te brengen, zonder de nutritionele geschiktheid te veranderen.

Verschillende maalsystemen zoals hamermolen en balmolen werden uitgetest. Uiteindelijk bleek enkel het mikronisatieprocédé van Ultrafin R een geschikt eindprodukt op te leveren.

Het toestel eist hiervoor echter een gepaste instelling omdat het rijstekaf een vezelstructuur bezit. Wanneer fijner dan 60 micron gemalen wordt, kan zelfontbranding optreden. Enkel het ontvette rijstekaf (=rijstvoederschroot) kan zonder grote moeilijkheden gemakkelijk gemikroniseerd worden, wat niet het

geval is voor het rijstvoedermeel (= niet ontvet produkt) gezien tijdens het minkroniseren een samenkoekingseffekt optreedt.

6.2.2.1.C. Resultaten

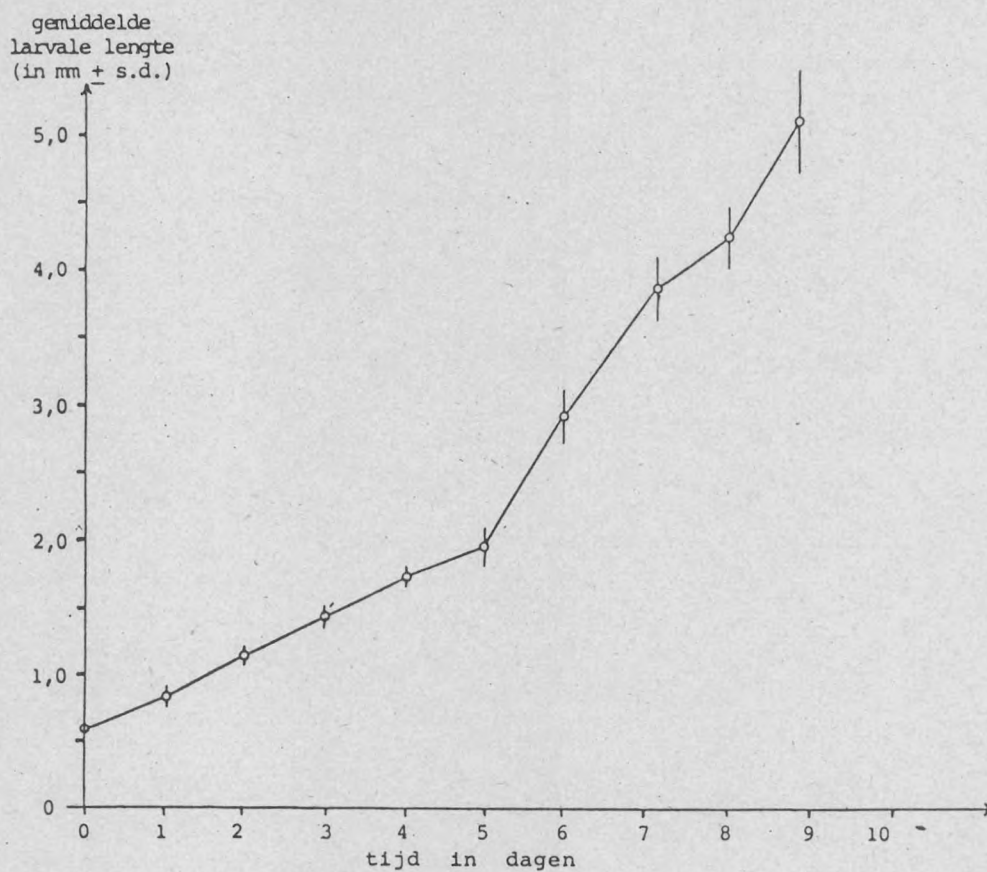
- Niettegenstaande de bijzonder geringe voedingswaarde voor diverse andere dieren (vee, vissen of kreeftachtigen) zijn de produktiegegevens voor Artemia op een uniek rijstekafdieet zeer goed : het adulte stadium wordt reeds na minder dan 14 dagen bereikt bij een overleving van soms meer dan 70% (figuur 3).

- Wegens het laag proteïnegehalte (11-14%) waarvan slechts een bijzonder kleine fraktie in oplossing gaat, kan de waterkwaliteit gedurende lange tijd goed blijven (na 6 weken kweek bijvoorbeeld wordt amper 10 ppm $\text{NH}_4\text{-N}$ gemeten).

- Uit de verschillende batch-kweekproeven die met ricebran uitgevoerd werden in kweekbekkens variërende van 300 tot 2500 liter inhoud, kunnen we de volgende gemiddelde produktie berekenen : na 2 weken batch-kweek wordt per kubieke meter kweekmedium 30 g cysten (= \pm 200 g nauplii) omgezet in 2.4 kg adulte Artemia, die 60% (gewichtsprocent drooggewicht) dierlijke eiwitten bevatten met een hoogwaardig aminozurenpatroon dat dit van eigeel sterk benadert (Sorgeloos et al., 1980; Tabel 1). Uit vervoederingsproeven op Homarus larven mag besloten worden dat dergelijk gekweekte Artemia's een zeer hoge nutritionele waarde bezitten (Dobbeleir, 1979).

6.2.2.1.D. Problemen

Tijdens de proeffaze waarbij diverse maalprocédés voor rijstekaf uitgetest werden, mislukten vele kweekexperimenten. Met verschillende monsters behandeld rijstekaf was de overleving na 3 of 4 dagen dikwijls lager dan 10%.



Figuur 3 : Evolutie van de groei van Artemia-larven gekweekt in een 2 m³ AWL-raceway op een dieet van rijstekaf.

Tabel 1 : Aminozurensamenstelling (uitgedrukt in percent van het drooggewicht) van rijstekaf, *Artemia* geoogst uit de zoutmeren van de baai van San Francisco en *Artemia* opgekweekt uit San Francisco Bay nauplii met gemalen rijstekaf.

	rijstekaf ¹	natuurlijke <i>Artemia</i> ^{2,3}		<i>Artemia</i> ge- kweekt op rijstekaf ⁴	eierdooier ⁵
ruw eiwit	13,4	58		60	
lysine	0,49	3,27	4,77	4,00	6,5
histidine	0,27	0,77	1,38	1,18	2,6
arginine	0,82	2,80	4,34	4,05	5,8
aspartinezuur	0,97	3,96	6,48	4,53	5,8
threonine	0,39	1,98	3,15	2,50	4,5
sérine	0,54	2,06	3,3	2,52	6,3
glutaminezuur	1,63	6,11	9,34	6,41	11,7
proline	0,52	2,24	2,99	4,00	
glycine	0,57	2,28	3,13	2,65	3,8
alanine	0,72	2,97	3,32	3,50	
cysteïne	0,21	0,95	0,84	0,90	2,3
valine	0,96	2,32	3,39	2,49	8,2
methionine	0,28	1,16	1,48	1,39	4,0
isoleucine	0,50	2,28	3,24	2,53	6,8
leucine	0,88	3,44	5,50	3,40	8,2
tyrosine	0,46	1,93	2,94	2,75	4,2
phenylalanine	0,57	2,02	3,39	2,84	6,0
totaal aminozuren	10,51	42,54	64,04	51,14	86,7

¹naar Barber en Benedito de Barber (1977)

²naar Gallagher en Brown (1975)

³naar Deshimaru en Shigueno (1972)

⁴analyse uitgevoerd door RADAR - Deinze

⁵naar Schormüller (1965)

Verder onderzoek heeft ons geleerd dat de reden hiervoor diende gezocht te worden in de behandeling van rijstekaf (vooral bij transport of langdurige stockering) met pesticiden en fungiciden (zie analyse-resultaten in Tabel 2 ; Dobbeleir et al., 1980).

Dit euvel kan vermeden worden door gebruik te maken van rijstkiemschroot ; tijdens de ontvettingsbehandeling worden immers de vetoplosbare PCB's uit het rijstekaf geëxtraheerd.

6.2.2.2. Soyapellen of soyameel

Gemikroniseerd soyameel is in België een afvalprodukt van de olieëxtraktienijverheid. Het produkt bevat ongeveer 30-35% eiwitten waarvan de helft oplosbaar is.

Uit de eerste testen in een racewaysysteem bleek dit een goed voedsel voor Artemia te zijn. Na 1 week kweek kunnen echter wel moeilijkheden optreden door een hoog $\text{NH}_4\text{-N}$ gehalte in het water. Dit gehalte neemt snel toe doordat de grote hoeveelheid opgeloste eiwitten bij 25-28°C zeer snel bacterieel omgezet wordt tot $\text{NH}_4\text{-N}$.

Door centrifugatie van een 2 uur beluchte soyameelsuspensie in water, konden de meeste in water opgeloste eiwitten verwijderd worden. Het overblijvende particulier materiaal is een uitstekend voedsel voor Artemia : in 2 m³ wordt in 12 dagen tijd 4 kg preadulte Artemia geproduceerd. Figuur 4 .

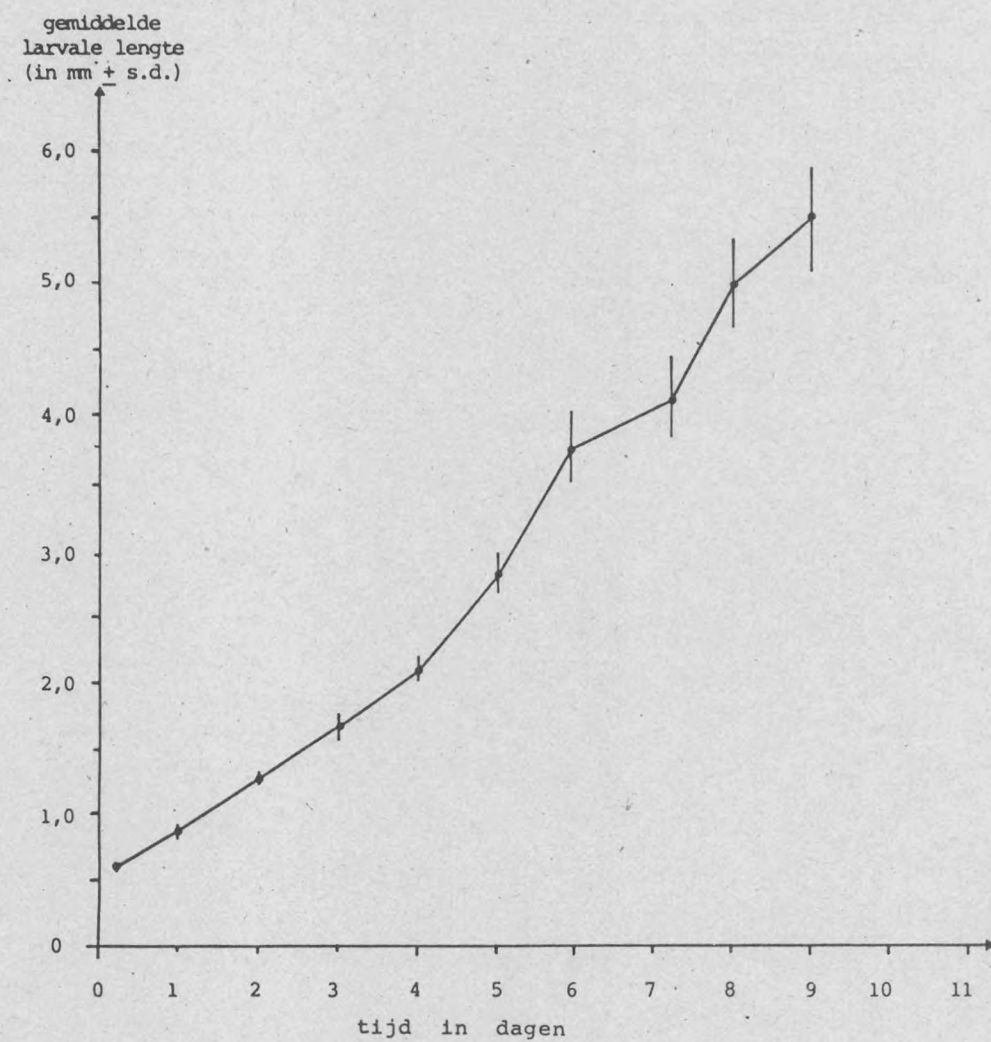
Centrifugeren is een te kostelijke en tijdrovende procedure zodat wij nu door kontakten met de bepaalde industrieën nagaan of geen verder behandeld soyameel (vb. na extractie der proteïnen) verkrijgbaar is.

6.2.2.3. Lactoserum of weipoeder

Weipoeder is het restprodukt van de kaasbereiding. De gemiddelde samenstelling voor wei van Goudse of Cheddar kaas is : 93,3% water, 4,9% laktose, 0,9% eiwitstoffen, 0,6% melk-

Tabel 2 : Pesticiden gehalte (in mg/g) in
niet behandeld rijstekaf

HCB	1,75
a BHC	6,91
g BHC	11,01
c-chlordaan	4,33
t-chlordaan	4,98
pp DDD	5,71
pp DDE	20,00
op DDT	10,79
pp DDT	81,74
PCB 1016	409,09
PCB 1254	79,80
PCB 1260	36,60
dieldrin	6,37
 totaal DDT's	 118,24
totaal PCB's	525,48
totaal chlordanen	9,31



Figuur 4 : Evolutie van de groei van Artemia-larven gekweekt
in een 2 m³ AWL-raceway op een dieet van soya-afval

zouten en 0,3% vet (De Vilder, 1975). Deze componenten maken van wei een bron voor een waardevol voedingsmiddel. Eerst wordt de wei ingedikt tot 50% drogestof. Dit concentraat wordt meestal onmiddellijk gedroogd in een verstuivingsinstallatie en dan fijngemalen. Hierdoor ontstaan niet hygroscopische kleine kristallen met volgende gemiddelde samenstelling :

- totaal ruw eiwit	min 10%
- vet	min 0,2%
- laktose suiker	min 62%
- vocht	max 10%
- totaal minerale stoffen	max 12%

Wanneer weipoeder in pekkel gesuspenderd wordt, vormt het een zeer goed voedsel voor Artemia omdat :

- 1) het grootste gedeelte ervan onder de vorm van zeer kleine partikels aanwezig blijft en slechts een kleine fraktie van het laktosegehalte in oplossing gaat;
- 2) het lactoserum een chemische samenstelling heeft (vooral wat het eiwitgehalte betreft) die geen snelle degradatie van de waterkwaliteit veroorzaakt.

Het is echter wel noodzakelijk om het weipoeder in pekkel in suspensie te brengen, omdat anders o.a. door het hoge laktosegehalte, in de voedselcontainer een snelle bacteriële ontwikkeling optreedt.

Uit de eerste kweektesten die in een 2 m³ raceway uitgevoerd werden, konden wij besluiten dat dit weipoeder een zeer goed voedsel voor Artemia is :

- konstante samenstelling zonder toxische stoffen
- weinig problemen met de waterkwaliteit
- hoge overleving 60 - 80% en snelle groei
- een totale produktie van adulte Artemia's van 4,5 kg/2m³ per 14 dagen.

6.2.2.4. Besluit

Uit de verschillende kweektesten met hogervermelde voedsels kan besloten worden dat :

- 1) een korreldiameter van het voedsel kleiner dan 60₀ micron geschikt is voor Artemia kweek;
- 2) plantaardige voedsels met een eiwitgehalte van amper 10 tot 15% bijzonder geschikt zijn voor Artemia kweek : de waterkwaliteit blijft zeer goed (lage NH₄-N gehaltes) en bij een bruto-konversie van ± 1 wordt een eindprodukt (Artemia) geproduceerd dat een gehalte heeft aan dierlijk eiwit van $\pm 60\%$ van zijn drooggewicht.

Door aanpassing van de samenstelling van het Artemia voedsel (vb. toevoegen van bepaalde vetzuren) kan de bio-chemische en nutritionele samenstelling van de gekweekte Artemia's veranderd worden, wat zeer belangrijk is voor het verder gebruik (als aangepast voedsel) van deze Artemia in de aquakultuur.

6.3. OP PUNT STELLEN VAN EEN TECHNOLOGIE VOOR DE MASSAKWEEK IN ZEER HOGE DENSITEITEN VAN ARTEMIA IN DOORVLOEIKWEEK

6.3.1. ONTWIKKELING VAN HET KWEEKSYSTEEM

Het eerste systeem dat wij ontwikkelden voor de doorvloeikweek van Artemia nauplii had volgende kenmerken :

- 1) toepassing van het raceway-systeem zorgt voor voldoende aëratie en cirkulatie van het water zodat geen bezinkingszones optreden;
- 2) een aangepast filtersysteem zorgt ervoor dat het water met de faeces en voedselresten en eventueel geproduceerde nakomelingen (cysten of nauplii) kontinu kan uitstromen, terwijl de snelgroeiende larven in het bekken weerhouden worden.

Dit systeem werd eerst op laboratoriumschaal uitgetest (10 liter aquarium) met een doorvloeikweek van Dunaliella cellen op varkensmest. Een korte omschrijving wordt in Figuur 5 gegeven.

Tijdens een studieverblijf in het "St. Croix Marine Station of the University of Texas" (Virgin Islands) werden bij het gebruik van dit kweekstelsel op grotere schaal (200 l) volgende problemen ontmoet :

- bij korte retentietijd of hoog doorstroomdebiet treedt zeer rap verstopping van de filter (vooral bij kleine maaswijdte) op; dit voorkomen wij nu door dicht bij de bodem een aëratiedarm rond de filter te plaatsen waardoor een luchtbellen-gordijn ontstaat dat de filter proper houdt;
- het waterdicht plaatsen van de filter in een kraagbus in de bodem is een delikate zaak. Daarom hebben wij een praktischer en eenvoudiger systeem ontworpen. Deze veranderingen worden geïllustreerd in figuur 6.

6.3.2. ONDERZOEK NAAR DE FAKTOREN BELANGRIJK BIJ DE DOORVLOEI-KWEEKTECHNOLOGIE

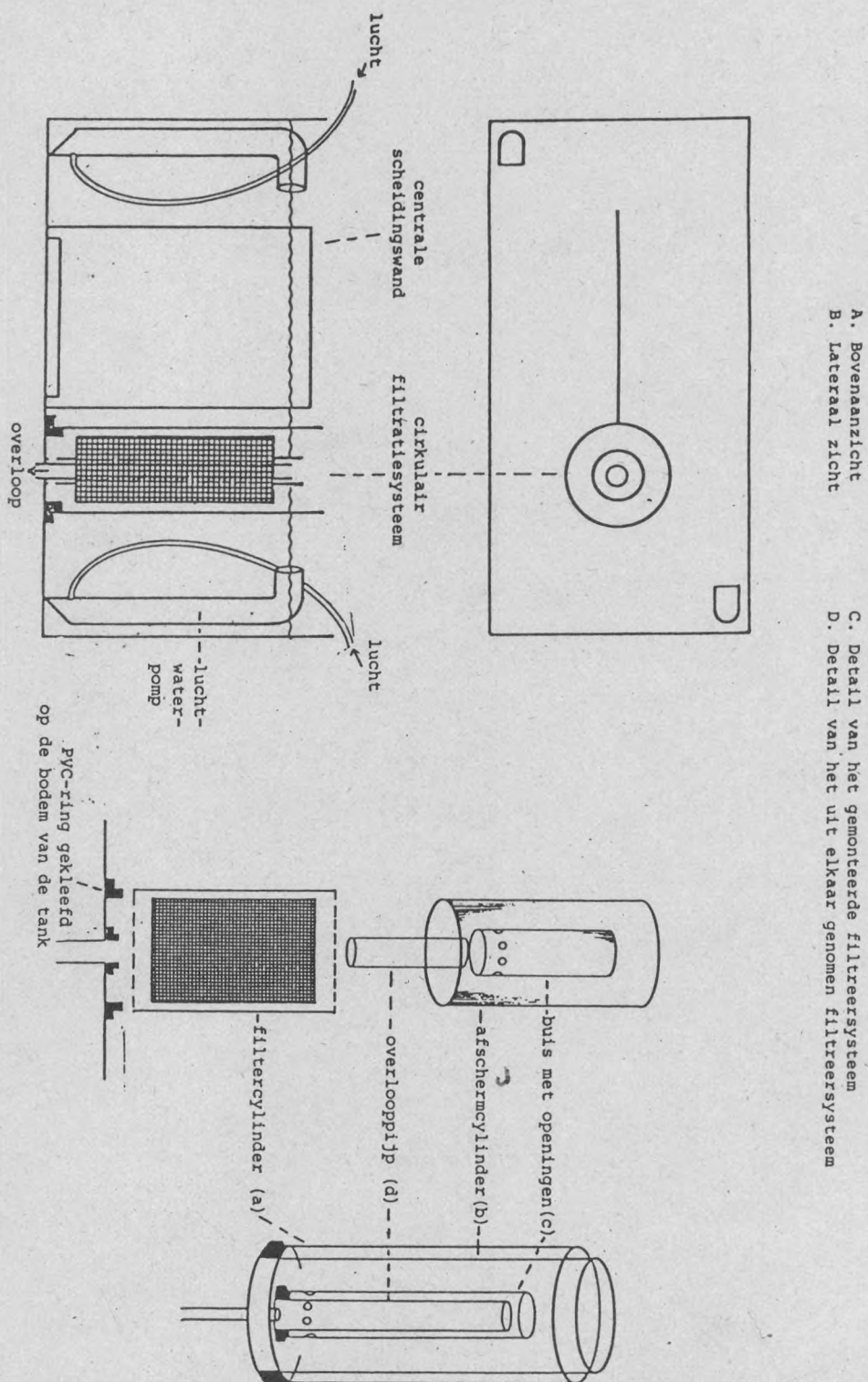
Met het oog op het bereiken van maximale produkties door doorvloeikweek bij een zo hoog mogelijke konversie van het aangeboden voedsel, werden volgende factoren in detail nagegaan :

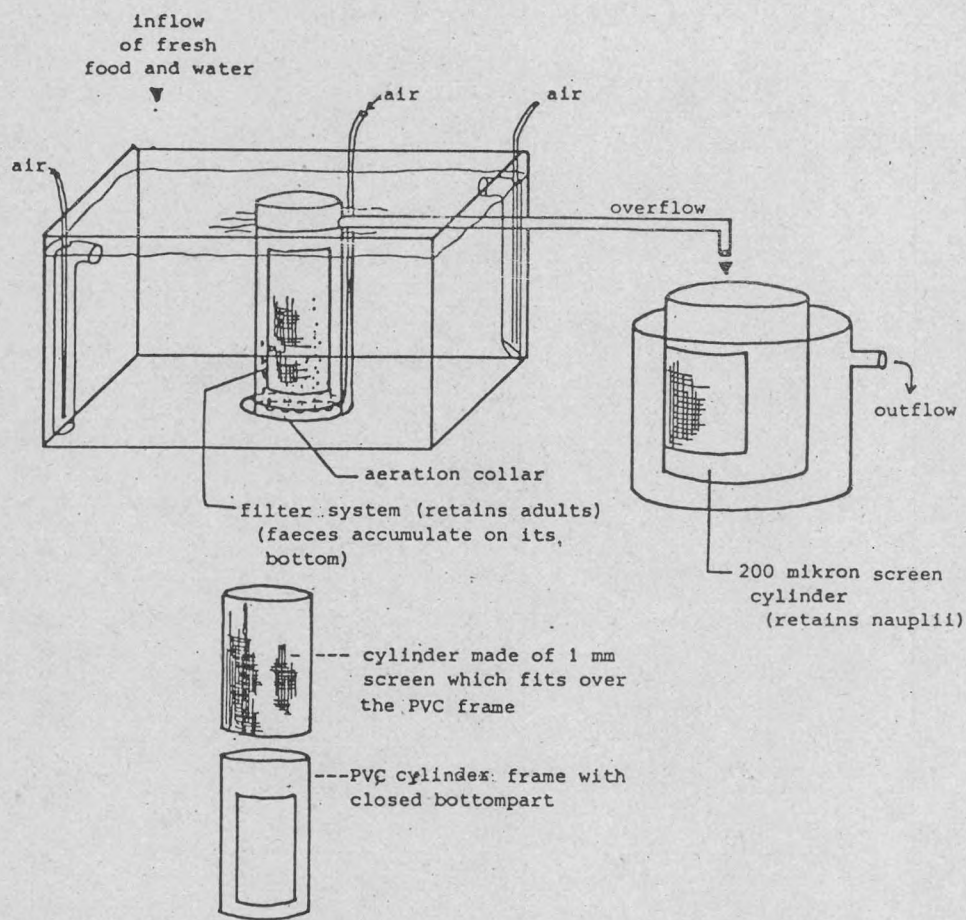
6.3.2.1. Optimale retentietijden der wiercellen voor een maximale ingestie door Artemia

Bij de doorvloeikweek met levende wieren van een filterfeeder zoals Artemia is de belangrijkste faktor voor een optimale sturing van het systeem de juiste instelling van de doorvloei-retentietijd in functie van :

- 1) de wierkoncentratie
- 2) de verschillende larvale stadia van de Artemia nauplii

Figuur 5: Schema van het eerste type doorvloeitank voor Artemia-kweek





Figuur 6: Schema van het vereenvoudigd type doorvloeitank voor Artemia-kweek.

In een eerste reeks statische ("batch") en dynamische (flow-through) kweekproeven, werd bepaald welke de minimum wierkoncentratie is waarbij Artemia nog voldoende wiercellen per tijdseenheid kan opnemen om te groeien en te overleven. Deze proeven werden bij een gemiddelde temperatuur van 25°C uitgevoerd.

Uit de batch-experimenten uitgevoerd met diverse Artemia instar stadia met als doel het verloop van de concentratievermindering van Chaetoceros curvisetus cellen in functie van de tijd na te gaan, bleek dat de filtratiesnelheid van de pekelkreeftjes snel afnam bij een wierkoncentratie van 4 à 5000 cellen per ml (figuur 7). Hieruit kan ook de opname-snelheid van wiercellen (de zogenaamde "stripping-efficiency") door de opeenvolgende larvale stadia van het pekelkreeftje nagegaan worden (Tabel 3).

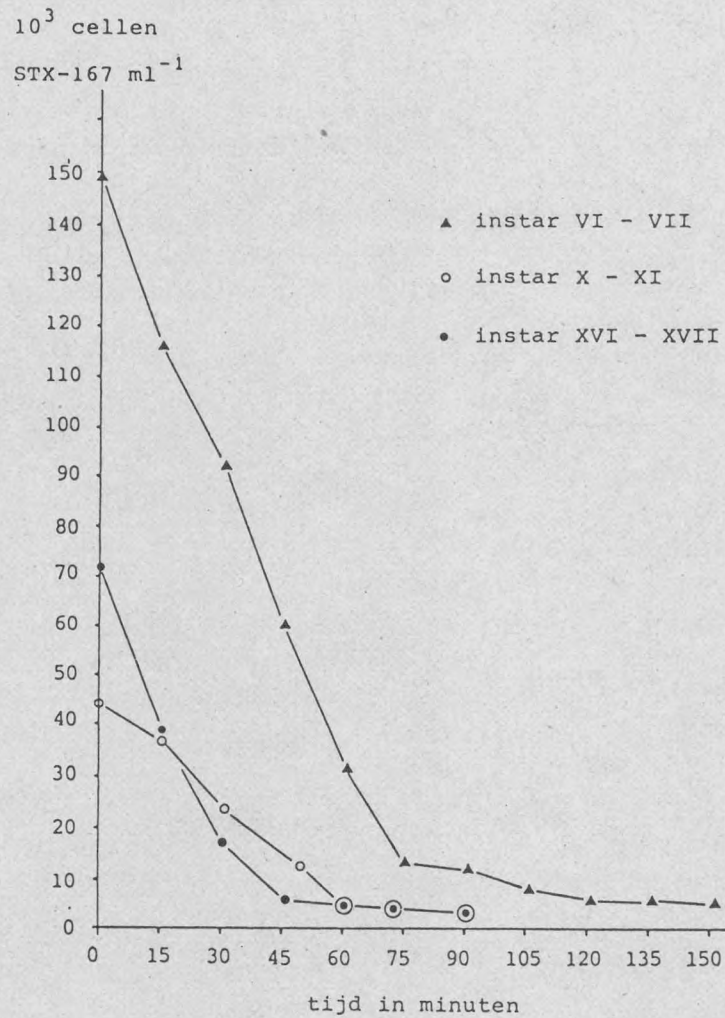
In een volgende reeks doorvloeiexperimenten (dynamisch model) werd het zelfde patroon vastgesteld (Tobias et al., 1979).

Besluit :

Bij doorvloeiweek zal enerzijds gepoogd worden zo weinig mogelijk wiercellen te laten verloren gaan in het uitstromende water, dus wordt getracht het medium zo lang mogelijk in het bekken te houden.

Anderzijds is volgens de hogervermelde resultaten een minimum wierkoncentratie vereist van $\pm 4-5000$ cellen/ml wil men een optimale groei en maximale overleving garanderen.

Konkluderend moet dus de retentietijd van het kweekwater, afhankelijk van de verschillende factoren zoals wierkoncentratie, nauplii-densiteit en grootte der nauplii (Instar medium), zodanig ingesteld worden dat de wierkoncentratie in het uitstromende water nooit lager wordt dan $4-5 \cdot 10^3$ cellen/ml.



Figuur 7: Verloop van de concentratievermindering van Chaetoceros cellen in functie van de tijd in "batch"-experimenten met diverse Artemia-instar stadia.

Instar-stadium	"Stripping efficiency"
4-5	9
5-6	13
6-7	18
7-8	18
8-9	28
9-10	43
11-13	65
12-14	75†
15-16	93†

† De kritische minimale wierconcentratie was reeds bereikt na 30 minuten.

Tabel 3 : Opname-snelheid van wiercellen ("*stripping efficiency*") door opeenvolgende larvale stadia van het pekelkreeftje in "*batch*"-experimenten.

6.3.2.2. Invloed van het larvaal stadium en de dichtheid aan Artemia larven op de minimale retentietijd en de mogelijke groei en overleving.

Zoals hierboven vermeld is de instelling van een optimale retentietijd afhankelijk van het larvaal stadium en de dichtheid aan Artemia larven.

In een reeks proeven werd ook nagegaan wat de maximum dichtheid aan Artemia larven is waarbij nog geen vermindering van groei en overleving vastgesteld wordt. Hieruit bleek dat zelfs bij een densiteit van 20 Artemia's per ml minimum 80% overleving en een goede groei kon bekomen worden. Bij een dergelijk hoge densiteit treedt dus de verwachte mechanische hindering nog niet op.

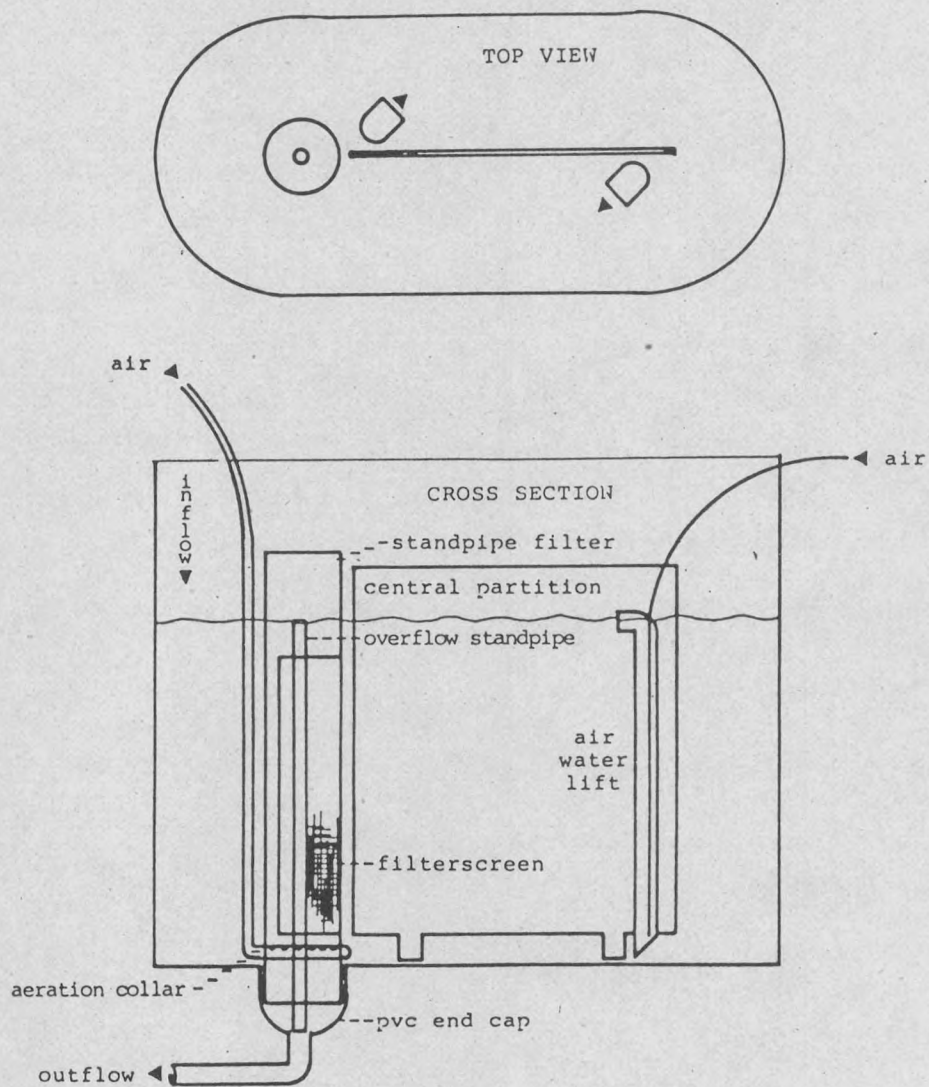
6.3.3. BEKOMEN RESULTATEN

In een doorvloeikweekstelsel met een volume van 200 l (figuur 8) gebruik makend van een Chaetoceros curvisetus kultuur, is het momenteel mogelijk per 14 dagen 6 kg-adulte Artemia's te kweken.

Uit een preliminair onderzoek naar de invloed van de wiergrootte op de kweekfactoren die de produktie bepalen (zoals beschreven in 3.2.) werd duidelijk dat dit geen grote veranderingen in de kweektechnologie noodzakelijk maakte.

6.3.4. DOORVLOEIKWEEK MET INERTE VOEDSELS

Uit verschillende preliminaire proeven die wij met ricebran (2.2.1.) en lactoserum (2.2.3.) uitvoerden, blijkt dat met hetzelfde doorvloeikweekstelsel bijna even hoge produktiecijfers kunnen bekomen worden als met levende wieren.



Figuur 8: Schematische voorstelling van de 200 liter doorvloeikweektank voor Artemia die te St. Croix (U.S.V.I.) gebruikt wordt.

De nu nog hangende problemen die wij dienen op te lossen zijn : A) het vinden van een gepaste techniek voor een juiste voedseltoediening en -dosage;

b) de mogelijke noodzaak voor het mengen of bijvoegen van bepaalde voedende bestanddelen bij de gebruikte inerte voedsels om Artemia's te bekomen met een geschiktere nutritionele waarde.

6.4. HET GEBRUIK VAN THERMISCHE EFFLUENTEN BIJ DE MASSAKWEEK VAN HET PEKELKREEFTJE ARTEMIA

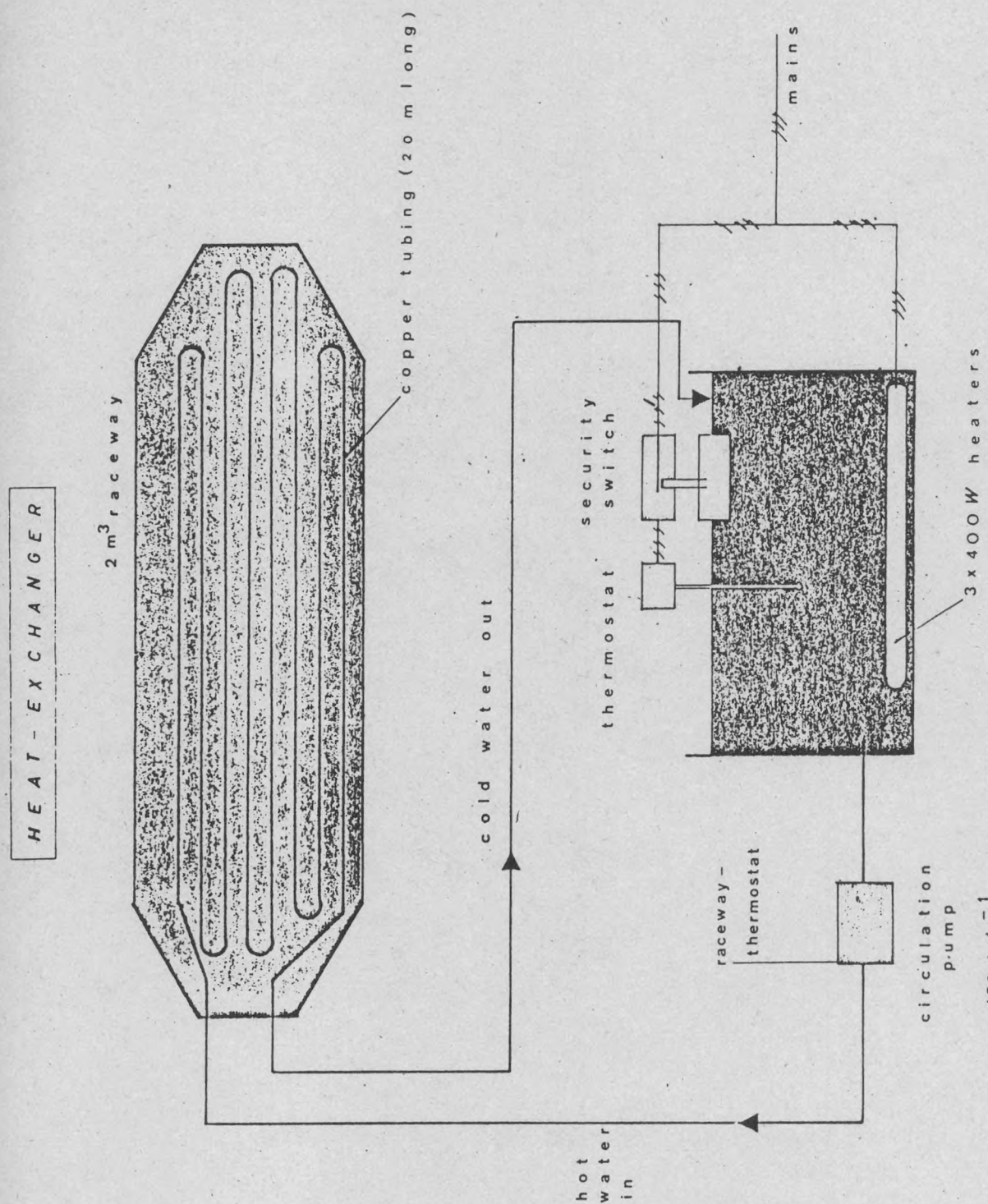
6.4.1. INLEIDING

Voor de meeste geografische rassen van Artemia wordt de snelste groei bekomen bij kweektemperaturen van 25-28°C. Bij lagere temperaturen van 18-20°C kan ook gekweekt worden, maar dan groeien de Artemia's veel minder rap. De temperatuur heeft een rechtstreekse invloed op het gehalte opgeloste zuurstof, maar beïnvloedt tevens de bakteriële ontwikkeling in het water. Bij het vaststellen van een optimumkweektemperatuur houden wij ook rekening met de kans op slagen van iedere kweek die gestart wordt : bij hogere temperaturen ligt deze kans reeds heel wat lager.

6.4.2. BATCHKWEEK

Het kweekmedium wordt opgewarmd door het gekontroleerd (thermostaat) pompen van warm water (30-60°C) door warmteuitwisselaars. Deze worden ofwel onder de bodem van het bekken geplaatst (figuur 9) of zoals recent uitgetest werd in de pilootinstallatie in Sas Slijkens (Bredene) als een centraal verdeelpaneel in het midden van het bekken geplaatst. Deze opstelling heeft het voordeel dat :

- 1) de warmte langs weersijden van de verwarmingspanelen aan het stromende water afgegeven wordt
- 2) de AWL's op het verwarmingspaneel kunnen bevestigd worden dat dus dienst doet als centrale verdeling.



Figuur 9: Schematische voorstelling van de warmtewisselaar in een 2 m³ raceway

De panelen worden vooraf met 2 componenten verf behandeld tegen korrosie. De warmteuitwisseling gebeurt zeer snel : op deze manier kon een eerste racewaybekken van 5 m³ dat aldus in de pilootinstallatie te Bredene gebouwd werd, opgewarmd worden van 15°C tot 28°C door cirkulatie van water van 40°C gedurende 24 uur

De bekkens zijn volledig termisch geïsoleerd door polystyreen. De belangrijkste warmteverliezen komen voor aan het wateroppervlak (continue beweging) en door de grote volumes lucht die door de AWL's gepompt worden. Om deze reden is het ganse bekken bijna luchtdicht afgesloten. Aldus is het mogelijk om ook bij lage buitentemperaturen met relatief weinig calorieën het water op temperatuur te houden.

Het gebruik van thermische effluënten werd gesimuleerd door water in een tank tot 30 of 40°C te verwarmen en met een cirkulatiepomp in gesloten kring door de warmtepanelen te pompen. Hieruit kan berekend worden welk debiet van thermisch effluent met een zekere temperatuur er nodig is om het ganse kweekmedium tot een bepaalde temperatuur op te warmen. Thermische effluënten kunnen dus gebruikt worden als warmtebron bij de massakweek van Artemia. Een groot deel van de aanwezige calorieën wordt aldus door konvexie en konduktie maar vooral door evaporatie aan de lucht afgestaan, terwijl de kondities geschapen worden voor de produktie van hoogwaardige dierlijke eiwitten.

6.4.3. DOORVLOEIKWEEK

Een direkt gebruik van thermische effluenten in doorvloei-kweek, is gezien de hogere produktiemogelijkheden veel interessanter dan batch-kweek. Het water moet echter aan de volgende criteria voldoen :

- 1) pekewater (5-15%) effluent van een ontziltingsinstallatie (of geothermisch projekt) of zeewater met een minimum saliniteit van 0,5% omdat Artemia een euryhalien zoutwaterorganisme is;
- 2) een bijna continue aanvoer van zeer grote effluentdebieten om eenzelfde warmtetemperatuur en -kwaliteit te garanderen;
- 3) afwezigheid van toxische stoffen zoals chloor- en andere verbindingen die soms aan het koelwater toegevoegd worden.

In deze kondities kunnen enorme hoeveelheden Artemia-biomassa geproduceerd worden in een systeem zoals hoger in 6.1.3. beschreven werd.

6.5. OP PUNT STELLEN VAN GEPASTE RANDTECHNOLOGIE VOOR DE KWEK VAN ARTEMIA.

6.5.1. INLEIDING

De massakweek van Artemia in "batch" is de meest kritische kweektechnologie :

- 1) Aangezien gedurende ten minste 2 tot 3 weken geen waterverversing uitgevoerd wordt, treedt een toenemende accumulatie op van partikels in suspensie (faeces, voedselresten) alsook van het gehalte aan opgeloste stoffen (NH_4 , NO_2 , organische stoffen).

Mede door de hoge watertemperatuur ($25-28^\circ\text{C}$) kunnen deze kondities snel aanleiding geven tot bacteriële ontwikkeling of zelfs chronische en akute toxiciteit veroorzaken.

Een oplossing hiervoor werd gevonden door gebruik te maken van primaire (sedimentatie en filtratie) en sekundaire (bacteriële verwijdering van opgeloste stoffen) zuiverings-systemen.

- 2) Door de soms hoge belastingsgraad aan faecalia kan een akute verlaging van het zuurstofgehalte optreden; dit vooral wanneer technische haperingen voorvallen zoals een te hoge temperatuur, onvoldoende aeratie, uitvallen van de elektriciteit. Afhankelijk van de kondities moet binnen 1 tot 5 uur ingegrepen worden zoniet treedt mortaliteit op.

Teneinde dit te kunnen voorkomen werd een alarminstallatie ontworpen die deze factoren controleert.

- 3) De belangrijkste faktor bij de massakweek van Artemia larven is een juiste voedseldosage. Om dit optimaal en automatisch te laten geschieden werd een turbidostaat ontwikkeld.

6.5.2. PRIMAIRE EN SEKUNDAIRE ZUIVERINGSSYSTEMEN VOOR DE BATCHKWEK VAN ARTEMIA.

6.5.2.1. Primaire zuivering

6.5.2.1.A. Plate- en tube separator -----

Om zoveel mogelijk gesuspendeerde stoffen uit het kweekmedium te verwijderen, werd in eerste instantie getracht geschikte sedimentatiesystemen te gebruiken.

Het eerste systeem dat wij uitgetest hebben is een zogenaamde "plate-separator" : deze bestaat uit een sedimentatietank met geïnklineerde platen (Bossuyt en Sorgeloos, 1980).

Het kweekmedium dat zowel faeces als Artemia's bevat, wordt kontinu door een AWL in het sedimentatiebekken gepompt. Bij gepast instellen van het doorstroomdebiet bezinken de meeste partikels terwijl de Artemia's door hun positief fototactisch gedrag naar de overloop toezwemmen en zo terug in het kweekbekken terechtkomen.

Er werd getracht een filter voor de AWL-aanzuigopening aan te brengen, maar dit gaf geen goede resultaten, aangezien enerzijds rap verstopping optreedt en anderzijds de filter dikwijls moet vervangen worden (toenemende maaswijdte) naarmate de Artemia's groeien.

Het belangrijkste nadeel aan dit systeem is het relatief grote volume dat voor een goede dimensionering noodzakelijk is (zie Bossuyt, 1979). Ook dient het gesedimenteerde materiaal om de 2 à 3 dagen verwijderd te worden, wat tijdrovend is en waarbij soms nogal wat Artemia's verloren kunnen gaan.

De tube separator is een variantë van de plate separator waarmee een iets betere sedimentatie bekomen wordt (beschrijving in Bossuyt en Sorgeloos, 1980).

Voor de beschreven dimensies geven beide systemen een tamelijk goede verwijdering van de grotere partikels in suspensie. Een hoger rendement is echter gewenst.

Omwille van de verschillende nadelen aan deze systemen, werd verder gezocht naar meer kompakte systemen.

6.5.2.1.B. Cross flow sieve

Zeer recent hebben wij testen uitgevoerd met een betrekkelijk nieuw filtratiesysteem : de zogenaamde "cross flow sieve". De bedoeling is om in een klein systeem partikels uit grote volumes kweekmedium te filtreren en dan dit mengsel van water, gesuspendeerde stoffen en Artemia's in een kleine sedimentatietank te scheiden. Een technische beschrijving is gegeven in Bossuyt, 1979.

Uit de eerste testen die wij hiermee uitvoerden, blijkt dit systeem zeer goed te werken : de meeste partikels > 100 micron worden uit het water verwijderd wanneer een cross flow filter gebruikt wordt met een "slit"-opening van 150 micron.

Enkele problemen die nog opgelost moeten worden zijn :

- 1) het vinden en omschrijven van het type waterpomp voor het op-pompen van kweekmedium waarin de Artemia's niet mechanisch verstoord worden.
- 2) het verbeteren van de sedimentatietank :
 - het verkrijgen van een betere sedimentatie door het gebruik van buizen i.p.v. geïnklineerde platen
 - inklineren van de bodem om gemakkelijkere reiniging toe te laten.

6.5.2.2. Sekundaire zuivering

Wanneer men gedurende langere tijd (5 weken tot 4 maand) Artemia in batch in het zelfde water wil kweken, moet gezorgd worden dat zoveel mogelijk opgeloste organische stoffen (metabolieten, stoffen afkomstig van het voedsel) kontinu uit het water verwijderd worden.

Na bestudering van het probleem bleek een biodisc systeem (zie Bossuyt, 1979) hiervoor het best geschikt.

Tot nu toe hebben wij hiermee enkel preliminaire proeven kunnen uitvoeren.

Belangrijke problemen die nog verder moeten opgelost worden zijn :

- dimensionering in functie van het debiet en de belasting van het water :
 - o grootte van de schijven ;
 - o aantal schijven en grootte van de tank;
- effect van het gezuiverde water op de Artemia's.

6.5.3. TURBIDOSTAAT

Gedurende lange tijd hebben wij geprobeerd een turbidostaat te ontwikkelen die aan de volgende eigenschappen voldoet :

- 1) Om de bepaalde tijd (vb. 30 min) wordt de optische doorzichtigheid van het water gemeten;
- 2) Wanneer een waarde gemeten wordt, lager dan een vooraf ingesteld minimum (=minimum noodzakelijke voedselconcentratie), pompt het toestel automatisch een bepaalde hoeveelheid voedselsuspensie in het bekken.

Op deze manier kan een grote raceway gedurende verschillende dagen automatisch gevoederd worden.

Uit de testen die wij met verschillende prototypes uitvoerden, kunnen wij besluiten dat dit toestel zeer goed werkt, maar dat de totnutoe ondervonden problemen vooral te wijten zijn aan de korrosie van de elektronische componenten. Door het bouwen van een waterdichte uitvoering trachten wij dit euvel in de toekomst te voorkomen.

6.5.4. DEKAPSULATIE VAN ARTEMIA-CYSTEN

6.5.4.1. Inleiding

Zowel bij het gebruik van pas ontloken nauplii voor massakweek in een raceway als bij directe vervoeding aan vis- of kreeftenlarven, moeten de nauplii gesepareerd worden van de ledige of niet ontloken cysten en dit om volgende redenen, :

- 1) na de inkubatie is de oppervlakte van de cysteschalen bedekt met een laag bacteriën, die zowel het kweekmedium voor Artemia-kweek als het kweekmedium voor vissen of kreeften in sterke mate kunnen kontamineren ;
- 2) daarenboven zouden vis- of kreeftenlarven verteringsproblemen hebben of darmobstrukties doen bij het eten van deze onverteerbare debris.

Wanneer met kleine kwantiteiten Artemia nauplii gewerkt wordt (2×10^6 nauplii per liter), kunnen deze op een efficiënte manier van de ledige of niet ontloken cysten gescheiden worden in de zogenaamde "Artemia separatorbox" (Persoone en Sorgeloos, 1972; Sorgeloos en Persoone, 1975).

Dergelijk systeem is echter niet meer bruikbaar wanneer in grote volumes water (20-100 liter) verschillende tientallen miljoenen nauplii moeten geoogst worden. De separatorbox zou veel te groot moeten zijn en het gebruik ervan zou veel te complex worden.

Separatie wordt totaal overbodig wanneer de cysten voor het hatchingproces van hun buitenste cysteschaal ontdaan worden. Sinds enkele jaren gebruikten we op het laboratorium een methodiek voor het ontkapselen van kleine hoeveelheden cysten (Sorgeloos et al, 1977); de gebruikte methode liet echter niet toe grote kwantiteiten te behandelen (te complexe en kostelijke techniek).

6.5.4.2. Dekapsulatietechniek

Tijdens het dekapsulatieproces wordt met een goedkoop chemisch reagens (technisch natriumhypochloriet=bleekwater) de buitenste chorionlaag van de Artemia cysten volledig opgelost, zodat nadien slechts een zeer dun transparant menbraan rond het embryo overblijft. Het is juist dit mechanisch resistent en moeilijk verteerbaar chorion dat anders bij de opname door vis- en kreeftenlarven niet kan gebroken worden en aanleiding geeft tot verstopping van maag- en darmkanaal, wat sterfte voor gevolg kan hebben.

Bij onze poging een meer bruikbare methode op punt te stellen voor het ontkapselen van grote kwantiteiten eieren hebben wij volgende factoren onderzocht :

- 1) temperatuur tijdens het ontschelpingsproces. De ontschelping door middel van bleekwater is een exotherme oxydatiereactie die een maximumtemperatuur bereikt na 3 à 5 minuten. Opwarming van het medium boven de 40°C moet vermeden worden omdat blijkt dat deze temperatuur a posteriori een verminderde hatching voor gevolg heeft;
- 2) densiteit aan cysten in de ontschelpingsvloeistof. Er wordt gestreefd naar het gebruik van een minimum hoeveelheid aan bleekwater, die toch nog een volledige ontschelping toelaat en nadien een maximale ontluijing oplevert;
- 3) de invloed van het zonlicht op het ontschelpingsproces zowel wat temperatuurstijging betreft als aangaande de directe impact van de straling op de ontschelpende cysten (cfr. hatching-rendement);

4) concentratie aan bleekwater in de ontschelpingsoplossing. Uit de verschillende proeven die uitgevoerd werden, kunnen we besluiten dat een volledige dekapsulatie zonder vermindering van de leefbaarheid der embryos kan gegarandeerd worden wanneer de volgende voorzorgen genomen worden :

- 1) een bepaalde maximum densiteit aan cysten niet overschreden wordt (zijnde 1 g cysten per 10 ml dekapsulatievloeistof);
- 2) bij behandeling van grote hoeveelheden cysten het water bij de start van de dekapsulatie gekoeld wordt tot 15-20°C door bvb. toevoegen van ijsblokjes;
- 3) de cysten na 1 uur hydratatie verdund worden met een identieke hoeveelheid technisch bleekwater;
- 4) tijdens het ontschelpingsproces alle cysten in suspensie gehouden worden (bvb. door luchtdoorborreling);
- 5) na 10 minuten inwerking, de cysten afgefiltreerd en alle hypochloriet uitgewassen wordt.

Aangezien deze nieuwe techniek vooral in de praktische behandeling maar ook voor de vervoeding nieuwe perspectieven opent voor de kweek van Artemia en het gebruik ervan in de aquakultuur, hebben wij verder gezocht naar een methode om grote hoeveelheden gedekapsuleerde cysten voor langere perioden te kunnen bewaren, zonder

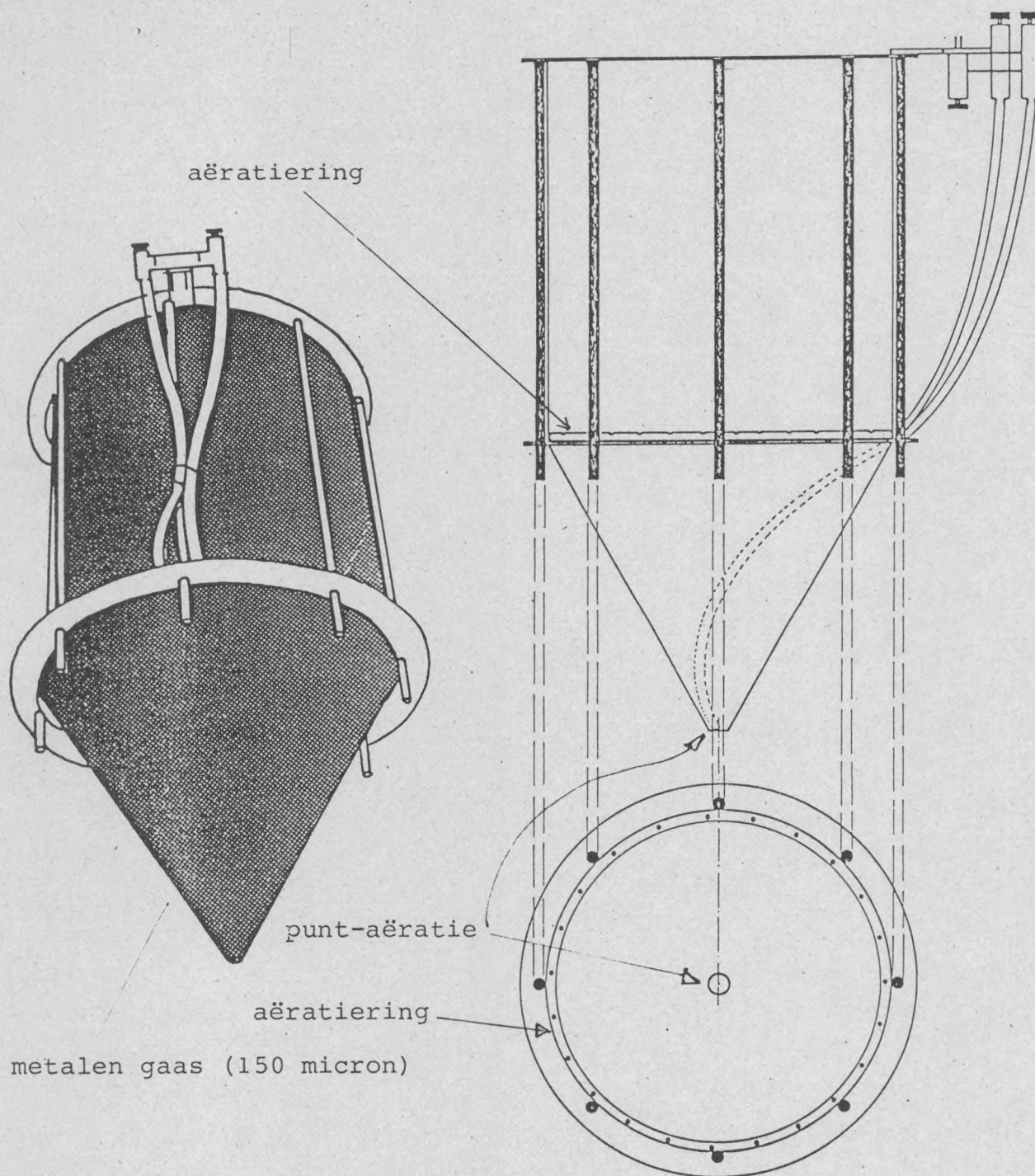
dat daarbij het hatchingrendement afneemt. Hiertoe dienen de ontschelpde eieren zo spoedig mogelijk na de dekapsulatie (in gehydrateerde kondities bij kamertemperatuur ; dus actief cystenmetabolisme) gedeshydrateerd te worden. Wij hebben nagegaan of de zeer eenvoudige en goedkope manier van deshydrateren en stockeren, nl. suspenderen van de cysten in een verzadigde pekeloplossing zou kunnen toegepast worden. Het deshydratatieproces blijkt reeds voltrokken te zijn na 2 à 3 uren blootstelling aan een verzadigde pekeloplossing bij kamertemperatuur.

Vervolgens hebben wij het hatchingrendement nagegaan bij cysten die voor min of meer lange periodes bij diverse temperaturen in pekeloplossing gestockeerd werden. Hieruit blijkt dat bij kamertemperatuur reeds na 1 dag een sterke daling van het hatchingrendement optreedt. Bij bewaring bij +5°C in de koelkast duurt het enkele dagen voordat een kleine vermindering van het hatchingrendement vastgesteld wordt. Bij -5°C of lager (diepvriezer) blijkt het hatchingrendement konstant te blijven.

Uit verder onderzoek in verband met de rendementsverlagingen bij stockeren in pekkel bleek dat dit vooral te wijten is aan de aanwezigheid van chloor-ionen op de gedekapsuleerde cysten. (Bruggeman et al, 1980 a en b) Een betere desaktivatie van het chloor kan gebeuren door de behandeling van de cysten met $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (0,5 ml van een 1 % oplossing per 10^9 cysten) of een dip in een 0,1M HCL oplossing.

Om grote hoeveelheden cysten te kunnen behandelen werd een toestel ontworpen waarin alle dekapsulatie-behandelingen konsekuatief kunnen uitgevoerd worden, zonder dat de cysten moeten afgefiltreerd worden (beknopte beschrijving in figuur 10).

Zoals hierboven beschreven staat deze methode op punt. In verband met de manier van stockeren dringt zich wel de noodzaak op om te zoeken naar een "droge" stockage-methode, omdat voor het vervoer van grote hoeveelheden een zo laag mogelijk gewicht noodzakelijk is.



Figuur 10: Toestel voor de dekapsulatie van grote hoeveelheden Artemia-cysten.

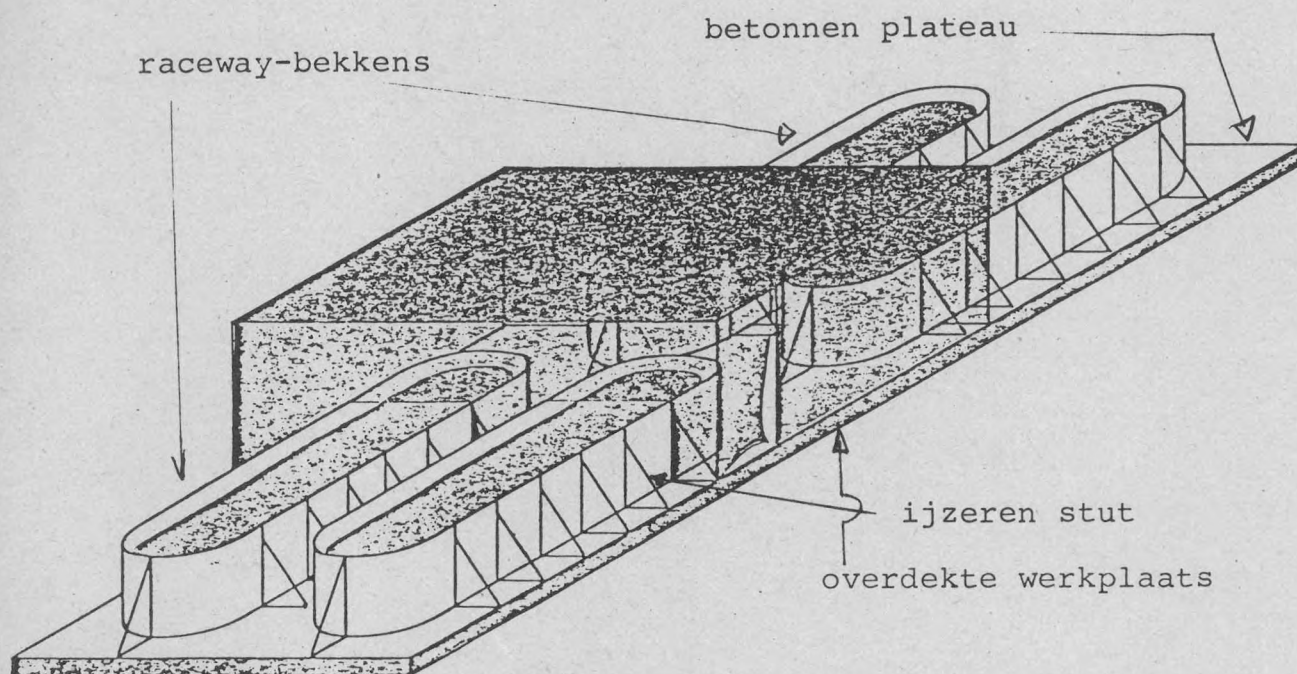
6.5.5. KONSTRUKTIE VAN EEN PILOOTINSTALLATIE TE SAS SLIJKENS

Eind 1978 zijn wij gestart met de konstruktie van een pilootinstallatie voor de massakweek van Artemia in "batch" op de terreinen van de N.V. EBES te Sas Slijkens. De bedoeling is de in het verleden opgedane kennis in verband met allerlei technieken zoals bouwwijze en bouwmaterialen voor een raceway, opwarming van het kweekmedium door gebruik van degelijke warmteuitwisselaars, alsook het toepassen van een geautomatiseerde kweekmethode, in een grote installatie uit te testen. Aldus zal gestreefd worden naar een zo goedkoop mogelijk en bedrijfszeker systeem voor de massakweek van Artemia, waarop vervolgens een kosten-baten analyse kan uitgevoerd worden.

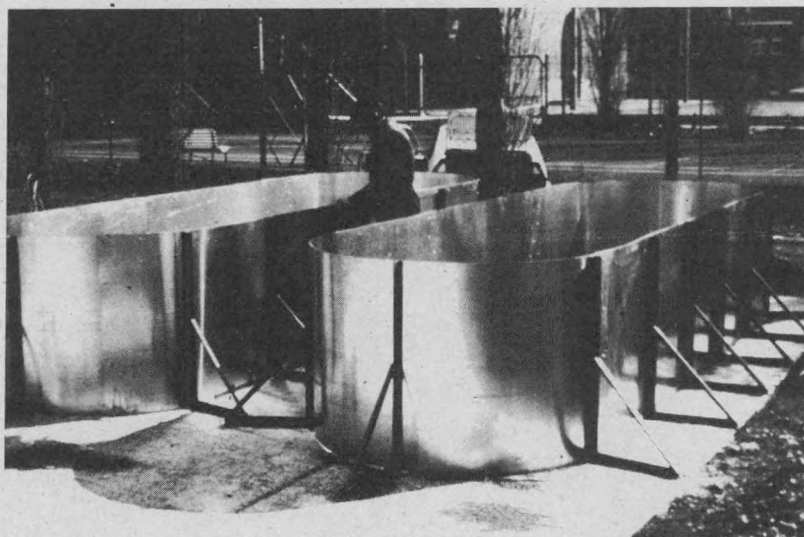
Tot hiertoe zijn 2 van de 4 geplande bekkens (5000 liter ider) reeds operationeel, terwijl nu nagegaan wordt welke verbeteringen in verband met bouw, isolatie en werking zouden kunnen toegepast worden bij de bouw van de twee volgende bekkens.

De definitieve installatie zal er als volgt uitzien (zie figuur 11): een betonnen plateau waarop de volledige installatie opgebouwd wordt. Vier raceway-bekken die twee aan twee naast elkaar gebouwd worden en waarvan het grootste gedeelte zich in openlucht bevindt. Enkel een zeer klein gedeelte van de raceway komt binnen in een centrale overdekte werkplaats waar de controle, voeding en monsternamen kan gebeuren. De rest van de raceway bevindt zich buiten doch is volledig bijna hermetisch afgesloten.

De ruwbouw van de bekkens bestaat uit aluminiumplaat die om de lopende meter gestut wordt door een profielijzer. Naar binnen toe, zowel op de bodem als op de wanden is een isolatielaag aangebracht die met een waterdichte folie bedekt is. De afdekking van de bekkens buiten gebeurt door een geïsoleerd houten stramien (bedekt met golfplaten) dat volledig opgericht kan worden (voor reinigen, aanpassing richting AWL's, enz.).



Figuur 11: Overzichtsschets pilootinstallatie te Sas Slijkens
(Bredene)



Zicht van de in opbouw zijnde pilootinstallatie
(4 bekkens van 5 m^3) te Bredene voor de Artemia-
kweek.

Het kweekmedium wordt verwarmd door thermisch effluent (of water dat tot op een bepaalde temperatuur opgewarmd wordt) dat door middel van een cirkulatiepomp door een plaatijzeren radiatorelement gestuurd wordt. Deze warmte-uitwisselaar bevindt zich in het midden van het bekken, is volledig ondergedompeld en doet terzelfdertijd dienst als centraal verdeelpaneel waarop de AWL's vastgemaakt worden. Op deze manier kan het water gemakkelijk op temperatuur gehouden worden.

De rest van het kweekstelsel is identiek aan de reeds eerder beschreven kweeksystemen uitgevoerd. Voor het ogenblik wordt de normale geschatte produktie van ± 10 kg Artemia per bekken en per 14 dagen nog niet bereikt omdat enkele moeilijkheden in verband met de turbiditeit van het gebruikte zeewater (wordt uit een 14m diepe boorput ter plaatse opgepompt) nog niet achterhaald zijn, zo dat de normale procedure van voedseltoediening gesteund op turbiditeitsmetingen nog niet kan gevolgd worden (bruine kleur door humuszuren en veel fijn particulier kalk in suspensie in dit water).

6.6. BIBLIOGRAFIE

Bossuyt, E. - 1976

Technologische aspecten van de massakweek van het pekelkreeftje Artemia salina L.

Thesis, State University of Ghent, 86 pp.

Bossuyt, E. - 1979

Reisverslag studieverblijf U.S.A. (Galveston-Texas)

15 aug - 23 sept 1979

Bossuyt, E. ; Sorgeloos P. - 1980

Technological aspects of the batch culturing of Artemia in high densities.

In : The brine shrimp Artemia. Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. Eds. Persoone, G. ; P. Sorgeloos ; O.A. Roels ; E. Jaspers.

Universa Press, Wetteren (Belgium), in press.

Bruggeman, E. ; M. Baeza-Mesa ; E. Bossuyt ; P. Sorgeloos - 1980a
Improvements in the decapsulation of Artemia cysts.

Proceedings of the Conference of Aquaculture "Cultivation of Fish Fry and its Live Food", Szymbark (Poland, Sept. 23-28, 1977), in press.

Bruggeman, E. ; P. Vanhaecke ; P. Sorgeloos - 1980b

Improvements in the decapsulation-technique of Artemia cysts.

In : The brine shrimp Artemia. Vol.3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. Eds. Persoone, G. ; P. Sorgeloos ; O.A. Roels ; E. Jaspers.

Universa Press, Wetteren (Belgium), in press.

De Vilder, J. - 1975

Invloed van de laktose-uitkristallisatie in het weikoncentraat op de hygroscopiciteit en het samenkiten van weipoeder.

Landbouwtijdschrift, 28, 4:947-958.

Dobbeleir, J. - 1979

Het op punt stellen van een geschikt dieet voor het pekelkreeftje Artemia spec.

IWONL-report, 23 pp.

Dobbeleir, J. ; N. Adam ; E. Bossuyt ; E. Bruggeman ; P. Sorgeloos - 1980
New aspects of the use of inert diets for high density culturing of brine shrimp.

In: The brine shrimp Artemia. Vol. 3. Ecology, Culturing, Use in Aquaculture. Eds. Persoone, G.; P. Sorgeloos; O.A. Roels; E. Jaspers. Universa Press, Wetteren (Belgium), in press.

Persoone, G.; P. Sorgeloos - 1972.

An improved separator box for Artemia nauplii and other phototactic invertebrates.

Helgolander wiss.Meeresunters., 23:243-247.

Sorgeloos, P.; M. Baeza-Mesa; E. Bossuyt; E. Bruggeman; J. Dobbeleir; D. Versichele; E. Lavina ; A. Bernardino.

The culture of Artemia on ricebran : the conversion of a waste-product into highly nutritive animal protein.

Aquaculture, submitted for publication.

Sorgeloos, P.; E. Bossuyt; E. Lavina; M. Baeza-Mesa; G. Persoone-1977

Decapsulation of Artemia cysts : a simple technique for the improvement of the use of brine shrimp in aquaculture.

Aquaculture, 12(4):311-316.

Sorgeloos, P. ; G. Persoone - 1975

Technological improvements for the cultivation of invertebrates as food for fishes and crustaceans. II. Hatching and culturing of the brine shrimp, Artemia salina L.

Aquaculture, 6:303-317.

Tobias, W.J.; P. Sorgeloos; E. Bossuyt; O.A. Roels - 1979

The technical feasibility of mass-culturing Artemia salina in the St. Croix "Artificial Upwelling" Mariculture System.

In: Proc. 10th Ann. Meeting WMS, in press.

Versichele, D.; E. Bossuyt; P. Sorgeloos - 1979

An inexpensive turbidimeter for the automatic culturing of filter-feeders.

In: Proceedings of the Conference of Aquaculture "Cultivation of Fish Fry and its Live Food", EMS Spec. Publ. no. 4, in press.

7. SAMENVATTING EN BESLUITEN

De voornaamste resultaten met de daaruit afgeleide besluiten, over de mogelijkheden, eerst en vooral op Belgisch vlak en vervolgens op internationaal vlak van de recyclage van biodegradeerbare afvalstoffen via aquatische voedselketens, kunnen als volgt samengevat worden :

7.1. WIERKWEEK

Het laboratoriumonderzoek ("indoor") en de experimenten op kleine pilotschaal (outdoor-bekkens van 250 liter) hebben geleid tot een doorvloeitechnologie waarmee mikroskopische wieren gans het jaar door, op een gecontroleerde manier, in produktie kunnen worden gehouden. Dit betekent dat de mogelijkheid wordt geschapen om "year-round" dieren te kweken die zich voeden met deze wieren (bv. mollusken). De positieve resultaten behaald op kleine schaal hebben geleid tot de ontwikkeling van een semi-industriële installatie die gebouwd werd aan de belgische kust (4 bekkens van 100 m^2 oppervlak opgetrokken aan de rand van de Oostendse Spuikom) voor de massakweek van mikroskopische wieren op basis van organische meststoffen (varkensmest) en/of commerciële anorganische meststoffen (landbouw-fertilizers).

Deze wieren vormen het basisvoedsel voor de postlarvale schelpdieren die men in grote hoeveelheid wenste te kweken (zie 7.4 molluskenweek).

7.2. DAPHNIA-KWEEK

Het onderzoek heeft aangetoond dat watervlooien hetzij rechtstreeks, hetzij onrechtstreeks (na transformatie via algen) op beluchte en niet-beluchte varkensmest kunnen worden gekweekt, in grote densiteiten (tot 3.000 per liter).

Andere types van landbouwafval (rijstekaf) blijken eveneens een zeer goed voedsel voor watervlooien, al dan niet in combinatie met mest.

Daphnia's vinden een interessant afzetgebied in de aquakultuur als levend voedsel voor larvale vissen en onder levende, gedroogde, diepgevroren of gelyophiliseerde vorm ook als krachtvoer in de aquariologie.

7.3. Artemia

Een methode werd op punt gesteld voor de geautomatiseerde kweek van Artemia in raceways, uitgerust met luchtwaterpompen, waarbij laag calorische afvalwarmte kan gebruikt worden voor het onderhouden van een optimale kweektemperatuur en met vervoeding op basis van landbouwafvalstoffen (rijstkaf, weipoeder, afval van soya, enz...).

In een tijdspanne van 2 weken wordt, uitgaande van 15 gr droge Artemia-eieren in een kweekbekken van 1 m³, 2 tot 2,5 kg Artemia biomassa geproduceerd.

Aan de hand van deze resultaten werd een model op semi-industriële schaal ontworpen en gebouwd aan de kust (op het terrein van de elektriciteitscentrale Sas-Slijkens te Bredene) bestaande uit 2 bekkens van 5 m³ met uitbreidingsmogelijkheid van 2 nog grotere bekkens.

Experimenten in het buitenland (tropen) met doorvloeisystemen hebben aangetoond dat het mogelijk is de produkties nog enorm op te drijven t.o.v. batch-kweek (tot boven de 20 kg Artemia-biomassa per m³ in 2 weken tijd, uitgaande van 40 gr eieren !).

Aangezien er in W-Europa een zeer grote vraag bestaat voor Artemia (meerdere tonnen per maand aan prijzen boven de 1.000 BF/kg) voor de aquariumliefhebberij en aquakultuurindustrieën (kweek van vis- en schaaldieren) kan toepassing van de ontworpen technieken op grotere schaal aanleiding geven aan een nieuwe rendabele industrie.

Men heeft hierbij mogelijkheid van kweek in batch (a) of in doorvloei (b) :

a) raceway-kweek met opwarming van het kweekbekken door gebruik van thermische effluenten van krachtcentrales

b) doorvloeikweek :

- 1) in de thermische effluenten van krachtcentrales (gewoon zeewater)
- 2) in thermische effluenten met hoog zoutgehalte (meer dan 10 ppt) van geothermische centrales of van ontziltingsinstallaties van zeewater.

7.4. MOLLUSKEN-KWEEK

Door de noodzaak op wereldvlak aan een gecontroleerde produktie van juveniele zaadoesters en andere eetbare schelpdieren is de nurserykweek (het tussenstadium tussen de reproductie in industriële "hatcheries" en de uitgroei tot volwassen dieren in natuurlijke parken) een industriële activiteit die meer en meer aandacht krijgt.

Uit de uitgevoerde proeven op kleine schaal bleek dat levend fytoplankton gekweekt op varkens-effluent uitstekende groeieresultaten opleverde bij jonge oesters en tapijtschelpen.

Tevens bleek dat rechtstreekse vervoeding van bepaalde landbouwafvalstoffen (zoals rijstvoerschroot) als alternatief of additief voor levende wieren eveneens hoopvolle resultaten opleverde.

De technologie van de kweek op kleine schaal werd uitgediept voor toepassing op semi-industriële schaal.

Een pilootschaaleenheid werd gebouwd aan de belgische kust, gedimensioneerd op en aansluitend bij de bekkens voor massaproductie van mikroskopische wieren (zie 7.1.).

Deze nursery, bestaande uit 4 bekkens met kweekcilinders voor de jonge schelpdieren (minimum capaciteit 500.000 kleine oesters per jaar) is uitgerust met systemen voor elektrisch opwarmen en cirkuleren van het kweekwater (simulatie van het gebruik van thermische effluenten).

De verdere uitbreiding van een dergelijke wier-mollusken-nursery tot een industriële eenheid zou aanleiding kunnen geven aan een nieuwe vorm van bio-industrie in België, als verdeelcentrum tussen industriële schelpdieren "hatcheries" (zoals thans bestaande in Frankrijk, Groot-Brittannië en Spanje) en de talrijke oesterkwekers in Europa.

7. DANKBETUIGING

Volgende personen hebben in de loop van deze 3 jaar studie op een of andere manier ook meegewerkt aan het studieprojekt en verdienen hiervoor onze erkentelijkheid :

- F. COLMAN
- A. COOREMAN
- J. DOBBELEIR
- R. GEES
- M. GETH
- P. LAURIJS
- H. MAECKELBERGHE
- K. MANNAERTS
- R. MOERMAN
- R. MOONEN
- J. MORALES
- P. ONGENAET
- J. PIETTE
- R. PILLEN
- J. REARTES
- C. VANDENBERGHE
- A. VAN DE VELDE
- P. VANHAECKE
- J. VAN HERREWEGHE
- L. VAN HOLDERBEKE
- M. VAN HOVE
- P. VERPLANKEN
- J. VERRETH

In het bijzonder de volgende technische medewerkers :

- E. BRUGGEMAN
- H. DOCHY
- H. VERLET

B I J L A G E

HET KWEKEN VAN ZOETWATERVIS

J.A. TIMMERMANS

Ministerie van Landbouw
Proefstation van Waters
en Bossen
Groenendaal

SAMENVATTING

Alhoewel het gedane onderzoek slechts gedeeltelijk de vooropgestelde objectieven kon benaderen, toch geeft het een voldoende aanduiding dat het intensief kweken van zoetwatervis in verwarmd water slechts verantwoord lijkt indien men kosteloos kan beschikken over voldoende grote hoeveelheden warm of verwarmd water van goede kwaliteit zodat een bestendige watertemperatuur van $\pm 23^{\circ}\text{C}$ in de kweekbekkens kan bereikt worden, samen met een voldoende waterverversing.

Het kweken van paling is moeilijker en arbeidsintensiever dan het kweken van karper, maar voor de eerste vissoort is de vraag veel groter. Voor de palingkweek lijkt het interessanter uit te gaan van jonge aal (± 20 g) in plaats van te starten met glasaal ($\pm 0,3$ g) die zeer gevoelig is voor de waterkwaliteit en een veel tragere groei heeft.

R E S U M E

Bien que la recherche effectuée ait donné des résultats mitigés en rapport avec les buts poursuivis, elle indique suffisamment que la culture intensive des poissons d'eau douce en eau chaude semble seulement justifiée si on peut disposer gratuitement de quantités suffisamment grandes d'eau chaude ou réchauffée de bonne qualité, de manière à maintenir l'eau dans les bacs de culture à une température de $\pm 23^{\circ}\text{C}$ et à lui assurer un renouvellement suffisant.

La culture des anguilles est plus difficile et demande plus de main d'oeuvre que la culture des carpes, mais la demande finale en est plus élevée. Pour cette culture d'anguilles, il semble plus intéressant de partir d'anguilles qui ne sont pas trop jeunes ($\pm 0,3$ gr) mais qui ont déjà atteint un certain stade de développement (± 10 gr). Trop jeunes, elles sont exigeantes pour la qualité de l'eau et présentent une croissance beaucoup plus lente.

SUMMARY

Even though the research which was done could only partially approximate the projected objectives, it still gave a sufficient indication that the extensive production of fresh water fish in heated water is only feasible if large amounts of warm or heated water of good quality are available without cost, so that a constant water temperature of about 23°C can be maintained in the growing basins, with adequate water freshening.

Raising eel is more difficult and requires more work than raising carp, but the demand for eel is much greater. For raising eel it seems to be better to start with young eels (about 20 gr) instead of starting with "glass" eels (about .3 gr) which are very sensitive to water quality and have a much slower growth rate.

1. Objectieven.

Het benutten van de energie van thermische effluënten voor de produktie van vis. Het voedsel voor deze vissen zou bestaan uit crustaceeën (levend, gedroogd of bevroren) die gevoederd werden met wieren, gekweekt op gemineraliseerde bio-industriële afval.

2. Methode en resultaten.

Voor dit onderzoek kon beschikt worden over een serre met vier betonnen bekkens (8,5 m³; 18,5 m³, 18,5 m³; 1,75 m³), waarvan het water opgewarmd wordt door middel van een buisleiding aangesloten op een verwarmingsketel (stookolie). Het water in de bekkens zelf komt van een vijver gevoed met zuiver bronwater.

De bedoeling was, in de bekkens bestendig een watertemperatuur te bereiken van 21 à 23°C. Omwille van een ontoereikende verwarmingsinstallatie werd meestal slechts een temperatuur bekomen van 16 à 18°C. Gedurende het warmere seizoen konden de vier bekkens in gebruik worden genomen, maar tijdens het koudere seizoen waren slechts twee bekkens in gebruik.

Alleen tijdens de warmste perioden van het jaar konden watertemperaturen bereikt worden boven 20°C.

Het onderzoek startte in april 1977 en eindigde in september 1979.

Deze onderzoeksopdracht was grotendeels afhankelijk van het voederen aan vissen van crustaceeën, waarvan de produktie toevertrouwd was aan het Laboratorium voor Biologisch Onderzoek van Milieuverontreiniging (RUG). Daar deze produktie niet in voldoende mate kon gebeuren om in aanmerking te komen voor het voederen van vissen, diende het onderzoek beperkt te blijven tot de techniek van het kweken in verwarmd water van sommige zoetwatervissoorten. Naargelang de vissoort gebeurde het voederen met korrelvoer, met meelvoer of met waterplanten.

Omdat het kweken van paling (Anguilla anguilla) economisch het meest verantwoord leek, werd aan deze vissoort de meeste aandacht besteed. Verder werden proeven gedaan met karper (Cyprinus carpio), Tilapia rendalli en graskarper (Ostenopharyngodon idella).

2.1. Paling.

Het opkweken van glasaal gevangen in de IJzermonding te Nieuwpoort en met een gemiddeld stuksgewicht van 0,3 g, tot paling van gemiddeld 37 g, gebeurde zonder te grote moeilijkheden. Elke kweekperiode duurde ongeveer 15 maanden (van maart-april tot juni-juli van het volgend jaar). Er werd zo intens mogelijk gevoederd, hoofdzakelijk met meelvoer gemengd met wat levertraan. De levende Tubifex, die tijdens de eerste drie weken aan de jonge glasaaltjes gevoederd wordt kon nadien met succes vervangen worden door veel goedkopere milt.

De gemiddelde produktie over een tijdsverloop van 12 maanden was 2,6 kg/m² (260 kg/are). Het gemiddelde stuksverlies 43%.

De stuksaanwas was zeer uiteenlopend. Bij de kleinste grootteklasse was dit gemiddeld 10 g, bij de grootste grootteklassen 106 g. Tijdens de eerste twee à drie maanden is de groei

van paling zeer traag. De voederconversie lag rond 6,0. De waterkwaliteit in de bekkens kon zelden goed genoemd worden, vooral wat de zuurstof betreft, en dit niettegenstaande het regelmatig inschakelen van een beluchtingssysteem. Een grotere toevoer van vers water had steeds een merkelijke daling van de watertemperatuur tot gevolg.

De produktie per oppervlakte-eenheid was gering en de voederconversie was slecht. De oorzaak hiervan ligt hoofdzakelijk in het feit dat het water onvoldoende kon verwarmd worden en daardoor aansluitend dat het water niet voldoende kon ververst worden. Om te komen tot een min of meer homogeen verkoopsprodukt zijn meerdere sorteerbeurten noodzakelijk, hetgeen arbeidsintensief is en gepaard gaat met het verlies van belangrijke hoeveelheden warm water door het volledig of gedeeltelijk aflatens der bekkens.

2.2. Karper.

In 1977 werden karpers, met een gemiddeld stuksgewicht van 85 g, opgekweekt tot karpers van gemiddeld 250 g, tijdens een groeiperiode van 6 maanden, waarbij intensief en automatisch gevoederd werd.

De produktie, berekend over een periode van 12 maanden, was 3,8 kg/m² (380 kg/are) met een stuksverlies van 0,8%. De stuksaanwas was zeer homogeen. De voederconversie lag rond 2,5. De waterkwaliteit kon zelden goed genoemd worden maar er heeft zich geen sterfte voorgedaan.

De produktie per oppervlakte-eenheid was gering en de voederconversie te hoog. Hiervoor ligt de oorzaak ook grotendeels bij een ontoereikende verwarmingsinstallatie.

2.3. Tilapia rendalli.

Er konden geen bruikbare waarnemingen over deze tropische vissoort gedaan worden omdat zich twee maal sterfte heeft voorgedaan, een eerste maal door een niet achterhaalde oorzaak,

een tweede maal door het tijdelijk uitvallen van de verwarming tijdens de winter. Hieruit kan alleen besloten worden dat het kweken in ons klimaat van tropische vissoorten slechts mag gebeuren in bedrijven waar quasi absolute zekerheid bestaat over de watertemperatuur tijdens de winter. Dit gevaar bestaat niet bij het kweken van paling, karper of graskarper.

2.4. Graskarper.

De bedoeling met deze vissoort was niet een produktieproef, maar wel een poging om in mei-juni en na hypofyse-inspuiting, vissen tot paairijpheid te brengen in water dat gedurende een tweetal maanden een temperatuur heeft die rond 21°C ligt. Van de aldus behandelde graskarpers konden eieren en homvocht gewonnen worden, maar na kunstmatige bevruchting bleken de eieren niet leefbaar te zijn. De oorzaak van deze mislukking is zeer waarschijnlijk te wijten aan het feit dat de vissen te oud waren (12 jaar) wanneer ze voor de eerste maal tot paairijpheid werden gebracht.

3. Algemene besluiten.

Alhoewel het gedane onderzoek slechts gedeeltelijk de vooropgestelde objectieven kon benaderen, toch geeft het een voldoende aanduiding dat het intensief kweken van zoetwatervis in verwarmd water slechts verantwoord lijkt indien in men kosteloos kan beschikken over voldoende grote hoeveelheden warm of verwarmd water van goede kwaliteit zodat een bestendige watertemperatuur van $\pm 23^{\circ}\text{C}$ in de kweekbekkens kan bereikt worden, samen met een voldoende waterverversing.

Het kweken van paling is moeilijker en arbeidsintensiever dan het kweken van karper, maar voor de eerste vissoort is de vraag veel groter. Voor de palingkweek lijkt het interessanter uit te gaan van jonge aal ($\pm 20\text{ g}$) in plaats van te starten met glasaal ($\pm 0,3\text{ g}$) die zeer gevoelig is voor de waterkwaliteit en een veel tragere groei heeft.

Daar bij het intensief kweken van zoetwatervis de kosten voor kunstvoer ongeveer 30% van de kostprijs bedragen, zou het interessant zijn met wieren geproduceerde crustaceeën als visvoeder te kunnen testen.

Het kweken van een tropische vissoort mag slechts gebeuren indien men de zekerheid heeft van een bestendig voldoende watertemperatuur tijdens de winter.

Het paairijp maken van graskarper zou als een nevenactiviteit kunnen beschouwd worden in een viskweekbedrijf dat over warm water beschikt.
